

中国读本



以汉唐间十部重要的数学著作作为教科书，称作“算经十书”，并对其做了大量的注释工作。10部算经中的《缉古算经》是初唐王孝通所作，这是我国现存最早的开带从立方（求三次方程的正根）的算书。

中国古代著名科学典籍

屈宝坤 著



中国国际广播出版社

图书在版编目（CIP）数据

中国古代著名科学典籍 / 屈宝坤著. —北京：中国国际
广播出版社，2009.11
（中国读本）
ISBN 978-7-5078-3137-5

I. 中… II. 屈… III. 科学技术—古籍—简介—中国—
古代 IV. N092

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第179466号

中国古代著名科学典籍

著 者	屈宝坤
责任编辑	刘川民
版式设计	国广设计室
责任校对	徐秀英
出版发行 社 址	中国国际广播出版社（83139469 83139489[传真]） 北京复兴门外大街2号（国家广电总局内） 邮编：100866
网 址	www.chirp.com.cn
经 销	新华书店
印 刷	北京广内印刷厂
开 本	640 × 940 1/16
字 数	130 千字
印 张	13.25
印 数	5000 册
版 次	2009 年 11 月 北京第一版
印 次	2009 年 11 月 第一次印刷
书 号	ISBN 978-7-5078-3137-5 / N · 2
定 价	21.00 元

国际广播版图书 版权所有 盗版必究
（如果发现印装质量问题，本社负责调换）

目 录

第一章 辉煌的历史 科学的宝藏	
——中国古代科技著作概述	1
第二章 天文	17
一 宇宙理论——《周髀算经》	19
二 天文观测与天象记录——《开元占经》	25
三 天文仪器——《新仪象法要》	32
四 历法——《授时历》	45
第三章 数学	57
一 《九章算术》及《九章算术注》	65
二 《数书九章》	72
三 《四元玉鉴》	76
第四章 农学	83
一 《齐民要术》	91
二 《王祯农书》	95
三 《农政全书》	100
第五章 中医学	107
一 《黄帝内经》	118
二 《伤寒杂病论》	123
三 《本草纲目》	127

第六章 炼丹术

——《周易参同契》..... 133

第七章 地理学 147

一 《禹贡》..... 157

二 《水经注》..... 160

三 《徐霞客游记》..... 164

第八章 工艺技术 171

一 《考工记》..... 177

二 《天工开物》..... 182

第九章 科技综合 191

一 《墨经》..... 198

二 《梦溪笔谈》..... 203

第一章

辉煌的历史 科学的宝藏

——中国古代科技著作概述

科学技术史是人类文明史中一个重要的组成部分，其中也融入了中国古代人民的高度智慧和辛勤汗水。但是，直到半个世纪前，世界学术界仍在科学“欧洲中心论”的迷雾笼罩中，完全忽视了中国古代的科学技术成就。这是极不公平的。当然，这和西方人对中国文化缺乏了解，以及当时我们自身对中国科技史的研究不够有一定的关系。从20世纪40年代开始，英国科学史家李约瑟等人对中国古代科学技术进行了系统考察，并吸收了中国科技史家的研究成果，撰写了《中国科学技术史》这一著作。通过这部巨著，李约瑟等人向全世界展示了中国古代数千年来积累的科学技术伟大成就，及其对世界文明发展作出的巨大贡献，“要是没有这种贡献，就不能有我们西方文明的整个发展历程”。^①

要了解中国古代究竟有哪些伟大的科技成就，为数众多的中国古代科技典籍无疑是值得认真发掘的巨大宝库。据统计，仅中国古代医药学的著作就有万种以上，数学著作也有上千种，农学著作近400种。这些科技典籍不仅记载了我国古代在天文、数学、农学、地理、化学、物理和工程技术等各个科学领域取得的成就，还留下了许多前人进

^① 潘吉星主编：《李约瑟文集》，辽宁科学技术出版社，1986年，第123页。

行科学研究的经验和教训。

科技著作的发展与生产和科技的发展有着密切的联系。我国是世界早期人类文明的主要发源地之一；是世界上使用火，发明弓箭、陶器、农牧业、天文和医药等最早的地区之一；特别是我们的祖先很早就发明了养蚕和丝织技术，在历史上一直以丝绸之国闻名于世。然而，在文字产生以前，人们的科学知识和技术都是以“口传身授”的形式流传的，在交流和保存科技知识上受到极大的限制。文字产生后，科学知识和技术可以用文字记录下来，在传播上突破了时间和空间的局限，对于科学技术的发展有着至关重要的作用。在我国，从仰韶文化时期在陶器上刻画简单文字中，就发现了数字符号；而在已成熟的商代甲骨文中，则记载了更多的关于医药、地理、天文、农业等方面的科技知识；至于周代的金文，以及《周易》、《诗经》、《尚书》等早期文献中，科技资料随处可见，反映了当时科学技术的水平。但是，在春秋战国以前，文献典籍由巫、史、卜等专职人员掌管，普通人轻易是见不到的，留传下来的更少。因此，当时是否有科技专著，有什么样的科技专著，我们不得而知。我们现在所见到的科技典籍是从春秋战国时代开始的。

春秋战国是一个社会大变革的时代，生产关系的改变和科学技术的应用，使生产得到极大提高，生产的提高反过来又促进了科学技术的飞速发展。当时社会上还出现了一个叫作“士”的知识分子阶层，从而打破了旧的官府对

文化的垄断，形成了“百家争鸣”的思想解放和学术自由的生动局面。在学术争论中，古老的气、阴阳、五行等思想学说也得到了充实和完善，为系统整理科学技术资料提供了有力的工具。由于上述几方面的有利条件，在这一时期科学技术著作开始大量涌现。在天文方面，当时各诸侯国几乎都有人专门职掌对日、月、行星和恒星的天文观测，并著书立说，积累了丰富的天文资料。其中著名的有齐人甘德的《天文星占》和魏人石申的《天文》，合称《甘石星经》（已佚）。书中测定了金星与木星会合周期的长度，火星、木星的恒星周期等，表明当时的天文学研究已向定量化的方向迈进。春秋后期，各诸侯国还普遍采用了四分历，它取回归年长度为 $365\frac{1}{4}$ 日，并采用 19 年 7 闰为闰周，标志着我国历法已进入比较成熟的时期。数学方面，在当时世界上领先的十进位制记数法和传统的筹算制度在这一时期不断得到完善，先秦文献中的记载证明当时已运用四则运算和分数运算等，那时贵族子弟所受的数学教育就有“九数”之称。一般认为至少在战国后期我国已产生了数学著作，但已经失传了。在医学上，当时涌现了如扁鹊、医和等一批著名医学家，其中一些人已经开始结合气、阴阳等思想系统整理医学知识，出土的《足臂十一脉灸经》、《阴阳十一脉灸经》、《五十二病方》是已知最早的经脉专著和方书，而著名的《黄帝内经》则以论述人体解剖、生理、病理、病因、诊断等基础理论为重点，兼及针灸、经络、

卫生保健等多方面内容，奠定了祖国医学理论体系的基础。在农业方面，农业生产上的精耕细作等优良传统在此时开始形成，可以达到4年5熟和1年两熟。《吕氏春秋》中的《上农》、《任地》、《辨土》、《审时》等是我国现存最古老的农学论文，从天时、地利和人力等方面论述了一整套具体的农业生产技术和原则。春秋战国时代，由于生产发展，商业繁荣，交通随之发达。人们的视野扩大了，积累了大量耳闻目睹的地理资料，促进了地理学的发展。《山海经》以山为纲，记叙了山的位置以及所在地的水文、动植物、矿产和神话传说等。《禹贡》则叙述了我国大部分地区的山脉和水系，并分全国为九州，已有了自然地理区划和区域对比的思想萌芽。在这一时期，手工业也获得迅速发展，分工细致，技术精湛，著名的曾侯乙编钟和一批古车辆的出土反映了当时高超的技术水平。当时的两部名著《墨经》与《考工记》交相辉映，相互补充，对人们生产中的丰富经验加以理论总结和抽象概括，在光学、力学、几何学的研究上取得了丰硕的成果，尤其是显示了初始的实验科学对深化人们认识的重要性。

秦汉时期是我国古代科学技术发展史上的一个重要时期。国家的统一，汉初的“休养生息”和解除思想禁锢等政策，都为生产的发展和科学技术的提高创造了条件。冶铁技术和纺织机械的出现，造纸术的发明，长城等大型土木工程的兴修，反映了当时生产技术已趋于成熟；而一些经典科学著作的产生，则表明我国古代科学技术形成了自

己独特的体系。在天文上，传统的盖天说、浑天说、宣夜说三大宇宙理论得到了总结和明确的表述，如《周髀算经》用数学方法构建了盖天宇宙模型，是我国最早的数理化的宇宙理论著作；而张衡的《灵宪》和《浑天仪图注》则以浑天说为基础，系统论述了关于宇宙生成和演化的思想，为浑天说在古代天文学中占统治地位打下了基础。这时的历法已基本成熟，具备了后世历法的主要内容。从《太初历》到《乾象历》，建立了一套比较科学的推算五星运动和日月运动及交食周期的方法，历法中提出的以没有中气（雨水、春分、谷雨等十二节气）的月份为闰月的原则，至今仍在使用。在天文计算中，运用了大量的数学运算，在一定程度上也反映了当时的数学水平。代表当时数学最高水平的是《九章算术》，它以例题集的形式对我国古代积累的数学知识进行了总结，已包括了初等数学中的算术、代数和几何的相当大部分内容，形成了自己的体系，成为数学著作的经典。在农业方面，奠基于战国时期的轮作制、一般作物栽培的基本原理和精耕细作提高单位面积产量的技术措施，此时已得到确立。据《汉书·艺文志》载，当时的农书就有9家114卷之多，其代表《汜（fán）胜之书》总结了农业生产中6个基础环节〔及时耕作、土地的利用和改良、施肥、保墒（shāng）、及时中耕除草、及时收获〕的理论和技术问题，以及10多种农作物的栽培方法。医药学在秦汉时期也得到进一步发展，《神农本草经》是现存最早的本草著作，奠定了后世本草学的基础；张仲景《伤寒

杂病论》在治病的理论、方法、方剂、药物使用等方面总结出一系列医疗的基本原则，是中医临床辨证论治的鼻祖。在地学上，马王堆汉墓出土的地图，反映了当时人们丰富的地理知识和相当高的测绘技术，而《汉书·地理志》中第一次出现了“地理”这个名词，并且开辟了沿革地理研究的新领域。另外，炼丹术在此时也有重大进展。魏伯阳在前人炼丹经验的基础上，进行了理论探索，他的《周易参同契》是我国最早的炼丹理论著作，被称为万卷丹经之首，在中国古代化学史上占有重要地位。

魏晋南北朝时期，我国长期处于南北对峙、政权纷立的状况。政权的更迭，削弱了文化专制，因而各种思想活跃；空前的民族大融合及南方和边远地区的开发，促进了生产技术和科学知识的交流。所以，在这一时期，中国古代科学技术体系得到了进一步的充实和提高，并在一些方面有重大突破。由于天文仪器的不断改进，天文观测资料日益丰富、准确，特别是岁差、太阳和五星运动不均匀性等重大发现和创新，直接影响后世历法的改革。当时历法在若干天文常数上有所提高，北凉赵馥（fèi）《元始历》第一次打破了19年7闰的旧法，提出600年中221个闰月的新闰周。后来祖冲之在《大明历》中提出391年144闰月的闰周，更为精密。祖冲之推算得回归年长度为365.242 814 8日，和今天的推算值仅差46秒。魏晋南北朝时期还掀起了古代数学研究的第一次高潮，出现了赵爽的《周髀注》，刘徽的《九章算术注》和《海岛算经》，以及

《孙子算经》、《夏侯阳算经》、《张丘建算经》，祖冲之的《缀术》，甄鸾的《五曹算经》、《五经算术》、《数术记遗》等一批数学著作。这些数学著作大大丰富了以《九章算术》为代表的中国古代数学体系。如刘徽在《九章算术注》中，不仅对《九章算术》中的大部分算法给出了理论上的论证，同时还创立了“割圆术”等若干新算法；祖冲之在《缀术》中推算出圆周率为： $3.141\ 592\ 6 < \pi < 3.141\ 592\ 7$ ，这个数值领先世界千年之久。在农业方面，贾思勰的《齐民要术》是我国现存最早的一部完整的农书，书中从作物栽培、耕作技术和农具、畜牧兽医、食物加工等方面系统总结了公元6世纪前我国北方旱地的农业生产和农业科学技术，对后世农学影响很大。这一时期，医药学有了全面发展，以针灸学和脉学的成就较为突出。晋代王叔和的《脉经》是我国最早的脉学专著。书中所列24种脉象，成为后世脉学诊断的依据。皇甫谧（mì）所著的《黄帝三部针灸甲乙经》（简称《甲乙经》）是现存最早的针灸专著，也是针灸学的经典，它统一了穴位，并具体指明了针刺深度、留针时间、艾灸时间，以及针灸的适应症和禁忌症等，为普及和发展针灸学作出了贡献。另外，南朝陶弘景的《神农本草经集注》、刘宋雷敫（xiào）的《炮炙论》、晋代葛洪的《肘后备急方》也分别在本草学、药物的炮制加工和方剂学方面丰富和发展了祖国中医药体系。此时地理学发展的特点是出现了大量描述各地州郡和山川的“地记”，还先后出现了几部全国性的地理总志。北魏郦道元的《水经注》以水系

为纲，详细记录了河流流经地区的地形、物产、地理沿革等，写下了地学发展的新篇章。由于道教的发展，炼丹术在当时社会上层更加风行，晋代葛洪就是一位著名的炼丹家，他在《抱朴子》的“金丹”、“仙药”、“黄白”篇中总结前人经验，记述了许多物质的性质和化学变化，为医药和化学的发展作出了贡献。

隋唐时期，帝国的长期稳定统一、经济文化繁荣，使得古代科学技术持续发展，并走向成熟。隋初的刘焯，针对日月运行的不均匀性，在《皇极历》中首次采用定朔代替平朔，并创立了二次等间距内插法，改良了历法。唐代对天文仪器的改造和大规模的天文观测，为编定更完善的历法提供了更精密的天文常数，其中最著名的是一行为编定《大衍历》而进行的大地子午线的科学测量。在《大衍历》中，一行创立了不等间距二次内插法和计算视差影响的经验公式，并加强了历法内容和结构的系统性，表明我国古代历法体系已完全成熟。天文历法的进步和数学的发展与普及是分不开的，如二次内插法既是历法推算的重要方法，又是数学研究的巨大成果。隋唐两代都在国家创办的学校中设置了数学教育，还在科举考试中设立了明算科，以汉唐间十部重要的数学著作作为教科书，称作“算经十书”，^① 并对其做了大量的注释工作。10部算经中的《缉古

^① 10部算经为：《周髀算经》、《九章算术》、《海岛算经》、《五曹算经》、《孙子算经》、《夏侯阳算经》、《张丘建算经》、《五经算术》、《缉古算经》、《缀术》。宋代刊刻“算经十书”时，《缀术》已佚，以《数术记遗》补之。

算经》是初唐王孝通所作，这是我国现存最早的开带从立方（求三次方程的正根）的算书。隋唐农业技术的发展，如南方水田整地技术、农具改良、兴修农田水利工程、作物栽培种类和品种增加等，为农书的产生创造了良好条件。这时的农学著作比过去任何时候都多，既有综合性的，又有专门性的，计有 20 多种。隋代诸葛颖的《种植法》达 77 卷，陆羽的《茶经》是我国也是世界最早的茶叶专著，晚唐陆龟蒙的《耒耜经》既是我国最早关于农具的专著，又是最早叙述江南农事的农书。隋唐时期的医药机构已较为完善，规模超越前代，也是当时世界仅见。政府的重视，无疑有利于医药学的发展。唐代的《新修本草》是我国也是世界上第一部由国家颁行的药典，它收药物 844 种，而且图文并茂，在动植物形态学上也有着重要意义。隋朝医家很重视对病因、病候的研究，太医博士巢元方等受命总结前人经验，写成《诸病源候论》，论述了 1 700 多种病候，成为我国历史上内容最丰富的探讨病因、病机的一部专著。这时期在临床医学方面也取得显著进展，孙思邈的《千金方》和王焘的《外台秘要》两部巨著，集东汉以来临床验方之大成，尤其在药物使用上成就卓著。另外，藏族人民通过长期积累，并吸收了汉族及邻国印度的医药经验，在唐代形成了具有民族特色的藏医学体系。8 世纪宇陀·元丹贡布编撰的《四部医典》是藏医学的经典，奠定了藏医学的基础。隋唐两代统治者还十分重视编纂全国性的地理著作，以掌握全国各地的山川、物产、户口、风俗等情况，

这对地理著作产生了很大影响。这时编修的地理著作以“图经”的形式为主，即由地图和说明文字组成，是对以《汉书·地理志》为代表的传统地理学的发展，著名的有贾耽的《海内华夷图》、李吉甫的《元和郡县图志》等。唐代中外交通发达，玄奘西游家喻户晓，他的《大唐西域记》既是地理学著作，又是研究中外交流的重要资料。

宋、辽、金、元时期，社会经济的空前繁荣，政府对科技发明的奖励政策，以及各民族间和中外科技的交流，促使古代科学技术的发展在这时达到了最高峰。宋曾公亮在《武经总要》中记载了制造火药的方子，沈括在《梦溪笔谈》中谈到了指南针的制作、活字印刷的发明，再加上宋代苏易简的《纸谱》、元代费著的《纸笺谱》等造纸专著的出现，我国古代的“四大发明”几乎都在这一时期或发明，或得到改进，从中可见宋元科技高度发展之一斑。宋元时期的科技著作，无论是在数量上还是在总体水平上都可以说远远超过了前代。天文方面，宋代苏颂的《新仪象法要》记载了被称为世界最早的“天文钟”的水运仪象台的设计制造；元代郭守敬等人的《授时历》是中国古代最优秀的历法，它定回归年长度为 365.242 5 日，与现在的理论值仅差 23 秒。数学方面，宋、元数学是我国古代数学研究的第二次高潮，也是古代数学发展的顶峰，数学家灿若群星，著作成就辉煌。如宋秦九韶的《数书九章》提出了“大衍求一术”（一次联立同余式解法）；金、元李冶的《测圆海镜》论述了“天元术”（一元高次方程）；元朱世杰的

《四元玉鉴》阐释了多元高次方程组解法等，在不同的方面，取得了领先世界的成就。在农学上，不仅有《王桢农书》这样综合黄河流域旱田耕作与江南水田耕作生产经验的大型农书，还出现了《陈旉（fù）农书》那样专论南方水稻区域农业技术与经营方法的地区性农书，以及大量的关于蚕桑、茶、花卉、果木等的专门性农书，反映了这一时期农业技术的全面发展。医药方面，宋政府多次组织修订出版了《证类本草》、《太平圣惠方》等大型本草和方书；金刘完素的《素问玄机原病式》等，张从正的《儒门事亲》，李杲（gǎo）的《内外伤辨惑论》等，元代朱震亨的《格致余论》等，从不同的侧面继承并发展了《黄帝内经》的医学理论，形成了“火热论”、“攻邪短论”、“脾胃论”、“养阴论”四大医学流派；宋王唯一的《铜人腧穴针灸图经》、元滑寿的《十四经发挥》统一了各家对腧穴的说法；元齐德之的《外科精义》和危亦林的《世医得效方》分别为外科和骨科的专论。这些著作表明中医学在临床经验、医学理论和本草学上进入了一个全面发展的新阶段。另外，宋代宋慈的《洗冤录》是世界上第一部系统的法医学著作，后流传到国外，译本很多。这一时期，地理学也取得了巨大成就，宋代乐史所编的《太平寰宇志》和元代所修的《大元一统志》，都是地方志的煌煌巨著；宋代杜绾的《云林石谱》是我国保存至今最完整的岩石矿物学著作。此外，还有众多的郡县地方志、游记和海上见闻录等。宋元时期在地图测绘上的成就也格外突出，规模大，技术精，其中

像《华夷图》、《禹迹图》、《地理图》、《九域守令图》等石刻地图，一直保存至今，是我们研究古地图的珍贵资料。技术方面的专著如宋代李诫的《营造法式》全面、系统地总结了历代工匠的经验与当时的建筑技术，元代陈椿的《熬波图》记载了炼铁技术，薛景石的《梓人遗制》则是木工技术专著，其中对纺织机械的记述详明，有较高的历史价值。最能综合反映当时科学技术发展水平的著作当数沈括的《梦溪笔谈》。书中涉及天文历法、数学、地理、地质、气象、物理、化学、冶金、兵器、水利、建筑、动植物及医药等广阔的领域，并在许多方面取得了重要的科学成果，有“中国科学史上的坐标”之称。

明代初期，由于封建制度日趋没落，科技发展的势头缓慢下来，特别是像禁止民间习学历法那样的统治政策，直接限制了某些学科的发展。当时较为发达的是技术和应用科学方面，如吴敬的《九章算法比类大全》是1 000多个应用问题的汇编，程大位的《算法统宗》是珠算术的专著，反映了当时商业数学的发展。朱载堉的《律学新说》发明了十二平均律，对音律学的发展作出了重大贡献。明代中叶以后，随着资本主义生产关系的萌芽，以及一批务实的知识分子转向科学研究，中国传统科技的发展又峰回路转，萌发生机，在明末出现了一批著名的科学技术著作。如李时珍的《本草纲目》是集大成的药物学著作，宋应星的《天工开物》是我国也是世界上第一部有关农业和手工业的百科全书，《徐霞客游记》是我国古代地理学的杰作，徐光

启的《农政全书》是古代及当时农业技术的集大成者，方以智的《物理小识》则一方面将我国古代科学知识作了一次综合记录，一方面吸收了当时西方的一些科学知识，是一部百科式的科学著作。这些著作实际上是对我国古代科学技术体系的一次大规模的总结。

明末清初，西方近代科学开始传入我国，对我国科学技术发展产生了巨大影响。一方面，一些传统科学继续向前发展，比较典型的是中医学，如清代叶桂的《温热论》、吴瑭的《温病条辨》和王士雄的《温热经纬》对外感温病的发病途径和传变以及辨证诊治做了全面研究，使温病学说达到了成熟的阶段；朱奕梁的《种痘心法》记载了人痘药的选育法和人痘接种法；赵学敏的《本草纲目拾遗》和王清任的《医林改错》也确实起到了“拾遗”和“改错”的作用。另一方面，一批科学家投入了中西科学的汇通工作，明末徐光启、汤若望等人编著的《崇祯历书》比较系统地介绍了欧洲的天文学；清代梅穀（jué）成等编译的《数理精蕴》是介绍西方数学知识的百科全书；王锡阐的《晓庵新法》汲取了中、西天文学的优点，并独立发明了计算金、水星凌日的方法；梅文鼎、李善兰等更有大量的数学著作问世，取得了很大成就；其他的还有郑复光的《镜镜论（líng）痴》比较完整叙述了几何光学，徐寿的《化学鉴原》是系统的化学教科书等。尽管明末及清代的科学著作在数量上要比历代多得多，但总的来说，自明中叶以后，我国的科技发展便开始日益落后于欧洲了。

中国古代科技著作像一条河流，从发源到汇入世界科学大海，一直连绵不断，其继承和发展的脉络清晰可见。中国的科学技术，曾经处于世界的前列，有过惊人的辉煌，只是在近二百年中，才开始落后于西方。重温历史，更增强我们的信心，中华民族是一个勤劳智慧的民族，通过艰苦的努力，我们一定可以重新屹立于世界科技领域的峰巅。

第二章 天文

天文学是我国古代最早产生的学科之一，它同数学、医学、农学一道构成我国古代科技史中最有成就的四门主要学科。传说自黄帝时起，我国就开始观察日月星辰的变化、制定历法，以指导人们的农牧业生产。历代统治者都对天文学的发展十分重视，尤其是进入封建社会以后，观测天象、“敬授民时”、颁告正朔，更成为皇权的象征。因此，天文学在我国古代一直处于唯我独尊的地位，所取得的成就之大也就可想而知了。

我国古代天文学的成就可概括为四个方面，即历法、天文仪器、天文观测记录和宇宙理论。当然，这四个方面并不是截然分开的，而是互相联系，互相促进。我国古代的天文学著作十分丰富，大致有如下几类：（1）丰富的天象观测记录；（2）具有中国传统特色的各种天文星图；（3）占星术著作；（4）历法推算和天文测量著作；（5）天文仪器著作。特别要指出的是，从《史记》开始，我国的史书不但记载历代史实，而且还有大量的天文学内容。著名的二十四史中有十七史专门著有天文、律历、五行、天象诸志，全面记载了各个历史时代的天文观测、历法推算、仪器制作和有关的天文学理论等情况，甚至有的天文学著作被整部收入到有关篇章中。在官修正史中，长期、连续和全面地记载天文学的发展，在世界上是罕见的。它是研究

中国古代天文学史的一个珍贵的资料来源。

一 宇宙理论

——《周髀算经》

关于天地关系、宇宙的结构，以及日月星辰的运动规律，自古就引起了人们的思考。在我国古代，从“天高地厚”的原始观念开始，我们的祖先展开了丰富的想象。有的说在一个叫汤谷的地方长着一棵叫扶桑的参天大树，10个太阳在上面居住，每日一个太阳在上面，9个太阳在下面；又传说上古时共工和颛顼（zhuān xū）为争夺帝位发生大战，战败了的共工一怒之下将撑天的巨柱——不周山撞折了，因此天向西北倾斜，日月星辰发生移动，大地变得西北高、东南低，水向东流。这些虽然都是古籍中记载的上古神话，但我们却可以从中窥视到上古朴素的宇宙观念。

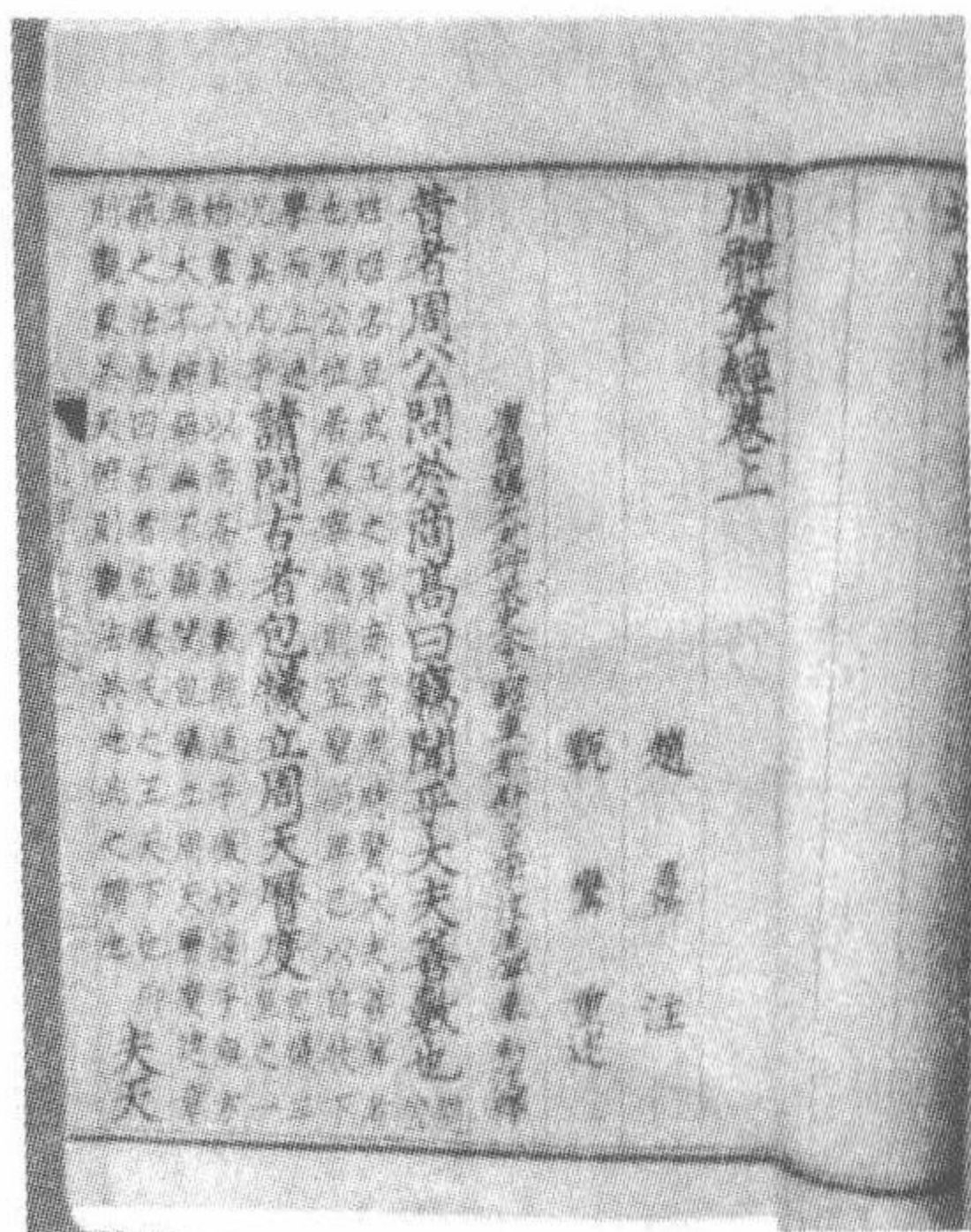
随着天文观测技术的进步，天文观测资料的日益丰富，人们对天地关系、宇宙结构的认识也越来越深入。到了西汉时期，逐渐形成了以盖天说、浑天说和宣夜说为主的几种宇宙理论。这几种宇宙理论的渊源都可以上溯到春秋战国。在汉代，持不同见解的各家各派之间发生了激烈的辩论，其中浑天说和盖天说的争论，被视为我国天文学史上的一个重大事件。争论的同时，各派学者还纷纷著书立说，阐发自己的观点。宣夜说认为，天是没有形体的无限空间，

日月众星依赖气的作用悬浮在宇宙中，各天体运动状态不同，速度各异。但是，关于宣夜说的著作在东汉就失传了，我们了解它的唯一资料，是《晋书·天文志》中保存的一段汉代郗（qiè）萌（1 世纪）对宣夜说所作的总结。浑天说的代表作是张衡（78—139）的《浑天仪注》和《灵宪》。在《浑天仪注》中，张衡将浑天比喻为一个鸡蛋，天球像蛋壳一样包围着大地，大地则像蛋黄一样飘在水面上，天球一半在地上，一半在地下，所有天体在天球上运动，又随天球旋转。在《灵宪》中，张衡又系统地论述了宇宙的生成和演化，并指出浑圆的天并不是宇宙的边界，从而表达了宇宙无限的观念。可惜的是，张衡的著作也没有完整地传下来，只在一些古代文献中保留了《灵宪》的序文以及其他一些资料。在几种宇宙学说中，盖天说无疑是最古老的。早期的盖天说认为天像一个撑开的圆盖，地像一个平正的棋盘。我国天文学史上称之为第一次盖天说。这种说法有明显的欠缺，如公元前 6 世纪的曾参就感到圆形的天盖和方形的大地是合不拢的。于是学说进一步改进，在春秋战国时形成了第二次盖天说。二次盖天说认为天像盖笠，地则像倒扣的盘子。二次盖天说的经典著作是《周髀算经》。该书是我国最早的有体系的天文学理论著作，在中国天文学史上占有突出的地位。

《周髀（bì）算经》成书于公元前 1 世纪，原名《周髀》。按照书中的解释，“髀”就是测量用的表杆，并认为用 8 尺长的表杆进行测望的方法起自周代，所以称为《周

髀》。在唐代，该书经李淳风作注后，被作为数学教科书收入算经十书，才加上“算经”两字，一直沿用至今。

《周髀算经》的内容大体可分为以下层次：开头部分以周公与商高问答的形式说明勾股定理及用该定理进行测量可以得到天地之间各种度数的道理，相当于一篇引言。随后以荣方问陈子的形式具体阐明如何用立表测望的方法确定太阳高度、日道径、光照范围、人目所能望见的远近，以及从周地到四极的南极、北极的里数和周地的东西里数，等等。最后一部分是与历法有关的内容，论述了二十四节气影长、

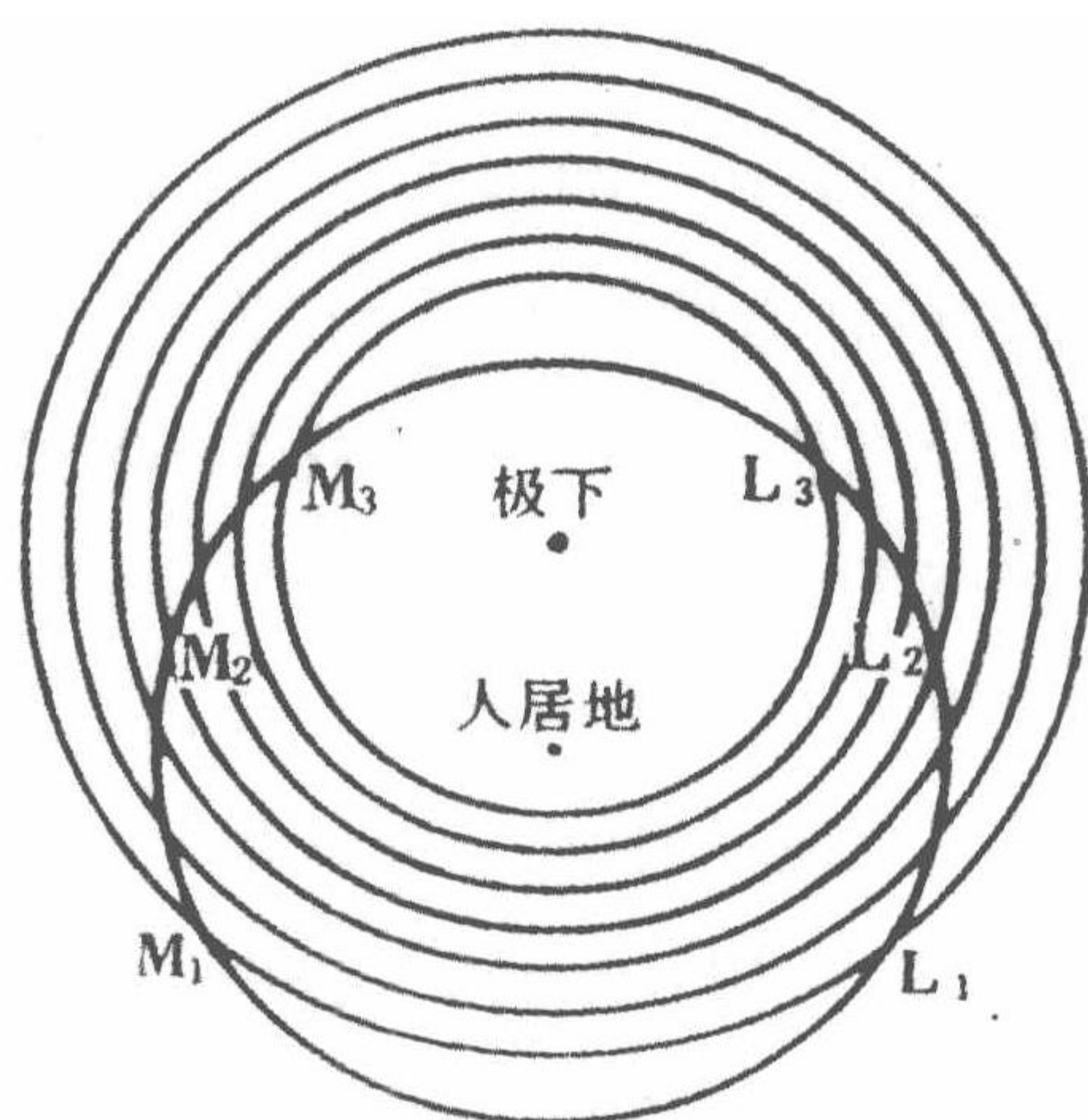


《周髀算经》二卷

日月行度的求法、回归年、朔望月、一年月份的安排等。

《周髀算经》的作者曾借周公之口发出“大哉言数”的感叹，对数学十分推崇，并力图用数学方法为盖天说建立一个数理化的宇宙模型。这在中国古代宇宙论中是极为少见的。书中盖天模型的具体内容为：天以北极为中心，地以正对北极的极下之地为中心，天地都是中心高，四周逐渐变低的突起面，并且相互平行，之间的距离同为8万里。天体附在天盖上，天盖每天以北极与极下地的连线为中心旋转不息，带动天体东升西落。太阳在天盖的位置时高时低，冬天在天盖低处，绕一个大圈子，以冬至日的日道直

径最大，有 47.6 万里；夏天在天顶附近，绕的圈子较小，夏至日最小，只有 23.8 万里；春秋日道则在两者之间。画出各主要节气的日道，就得到一系列以北极为中心的同心圆，即“七衡六间图”，其中最外第一衡为冬至日道，中间第四衡为春分、秋分日道，最内为夏至日道。人居住之处在极下之南 10.3 万里，人眼所能见到及太阳所能照到的距离为 16.7 万里（以人居地为中心，16.7 万里为半径的范围为一个与七衡相交的圆），再远就看不见了。当太阳离人小于这个距离时，便可见到白昼，反之便是黑夜。冬至、春分、秋分及夏至时的日出点分别为 L_1 、 L_2 、 L_3 ，日落点分别为 M_1 、 M_2 、 M_3 ，由此可以解释四季太阳起落方位的变化。同时，由于 L_1M_1 只占冬至日道的小部分，而 L_3M_3 却占夏至日道的大部分，所以冬至白昼最短，夏至白昼最长。



七衡六间图

虽然《周髀》中的盖天模型已被今天的科学证明是错的，但 2000 多年前的古人却用它巧妙地对一些自然现象作出了解释。如书中提到北极附近“夏有不释（化）之冰”（常在日照距离以外，即夏季离日中心也远），中衡左右的地方“冬有不死之草”；“日运行处极北，北方日中，南方夜半”等。这些猜想惊人地准确。

在星图发展史上，《周髀算经》也有重要地位。这是因为书中提到“青图画”和“黄图画”两样东西。其中“黄图画”上有冬至、夏至和春分、秋分的日道，又画有二十八宿和其他星相。这实际上是一幅以北极为中心的全天星图。后人称这种形式的星图为“盖图”，流传的时间很长也很普遍。另外，《周髀算经》中的历法数据与春秋后期我国产生的四分历是相同的，与秦汉时使用的历法有所不同，因此是关于先秦历法的重要史料。

《周髀算经》包含着大量的数学知识。由于该书是在前人资料基础上加以总结而写成的，因此其中的数学知识反映了先秦以至西汉我国数学发展所达到的水平。

《周髀算经》在篇首就指出“数之法出于圆方”，第一次明确地把数和图形联系起来。沿着这一思路，书中最早记叙了勾股定理。它称直角三角形的两直角边为勾、股，斜边为弦，先给出了勾三股四弦五的特例，又进一步说明了勾、股平方和为弦之平方的一般关系。《周髀算经》非常重视勾股学的应用，不仅解释了三角、矩形和圆之间的关系，而且给出了测量高、远、深的一般方法。书中就是用

这些方法测量天地，给盖天说以数量化的概念。如在不同的地方各立一个表杆，假定影子千里差1寸，根据相似比例关系，就可求出当日太阳的高度。这是《周髀算经》中测量日高的方法。显然，这是把大地当作平面计算的，结果也可想而知是错误的。但是，用这种方法去测量地面上的高远目标则是可行的。后来，这种方法在中国古代发展成测量中的重差理论。

分数的四则运算，在今天是很平常的，然而在古代并非易事。西方直至18世纪，对于分数的运算还感到十分畏惧。我国古代很早就对分数进行了研究。《左传》记载天子给诸侯分封土地，《管子·地员》讲到乐律，《考工记》介绍各种手工业产品的规格等，都有不少分数知识。《周髀算经》中则有更复杂的分数运算。如：已知1月 = $29\frac{499}{940}$ 日，月行每日 $13\frac{7}{19}$ 度，周天 $365\frac{1}{4}$ 度，求12个月后，月所及度数。答数是 $354\frac{6612}{17860}$ 度。由于《周髀算经》还没有把约分工作做好，因而计算过程十分繁复，但在当时能作如此复杂的分数运算，确实显示了我们祖先了不起的智慧。

《周髀算经》的作者认为天文历法都是可以用数学方法解决的，因此全书虽以论述天文现象为主，著作年代又正当宗教迷信盛行之时，但我们却没有发现片言只语涉及神学观念。这种朴素的唯物主义观点在当时是难能可贵的。

《周髀算经》的盖天模型有着自身的严重缺陷。如宇宙

模型天地都是中间高的凸起面，而在计算上却是以地平为基础，还有影差千里差一寸的假设，以及一些数据也有生凑之嫌，等等。盖天学说在解释具体天象上也有许多困难。如太阳绕北极旋转，离我们远了看不见，那么日出、日落时太阳应该呈竖半圆的形状，而实际上我们看到的却是横半圆；又如太阳转到北极以北，我们就看不见，而恒星比太阳暗，为什么绕到北极以北我们却又能看见？等等。在具体解释天象上，浑天说要比盖天说更为便利，因此盖天说在汉武帝时就失去了在天文学实践中的地位，隋唐以后更少有人讨论，浑天说成了我国关于宇宙结构的权威学说。明末以及清代，西方天文学传入我国，许多学者才又对《周髀算经》中的宇宙理论进行研究，并用来和西方天文学相比较。如认为“七衡六间图”和地球五带说相吻合，并认为《周髀算经》中已有地圆思想等。这些研究的方法和结论虽然是错误的，但是这一研究热潮也引起了人们对《周髀算经》的兴趣，促进了对该书具体内容的深入研究。

二 天文观测与天象记录

——《开元占经》

古代中国以农立国。观测天象，掌握季节变化，对农业生产有着极其重要的作用。传说在颛顼时就有了“火正”的官，专门负责观察“大火”（心宿二）的出没来指导农业

生产。《诗经》中《七月》一诗的首句便是：“七月流火，九月授衣。”人们根据天象知道，不久天气就要转凉，该准备冬衣了。观测天象还和统治者的政治活动紧密相联。在古代，人们的认识水平低，常常把天象和人类的吉、凶、祸、福联系起来，当出现日食、月食、彗星、陨星等现象时，它们便被看作上天的震怒和对人类的惩罚或警告。从这种迷信思想出发，古人希望从天象的显示中，预知吉凶，于是产生了占星术。占星术将天象和人事对立起来，认为天象的变化不仅预示着人间的祸福，而且关系着王朝的兴替。由于上述两方面的原因，所以天象观测就成了官方必须坚持的日常活动，造成了中国古代天文学的官办性质。官府巨大的财力和物力的支持，客观上有利于天文学的发展。

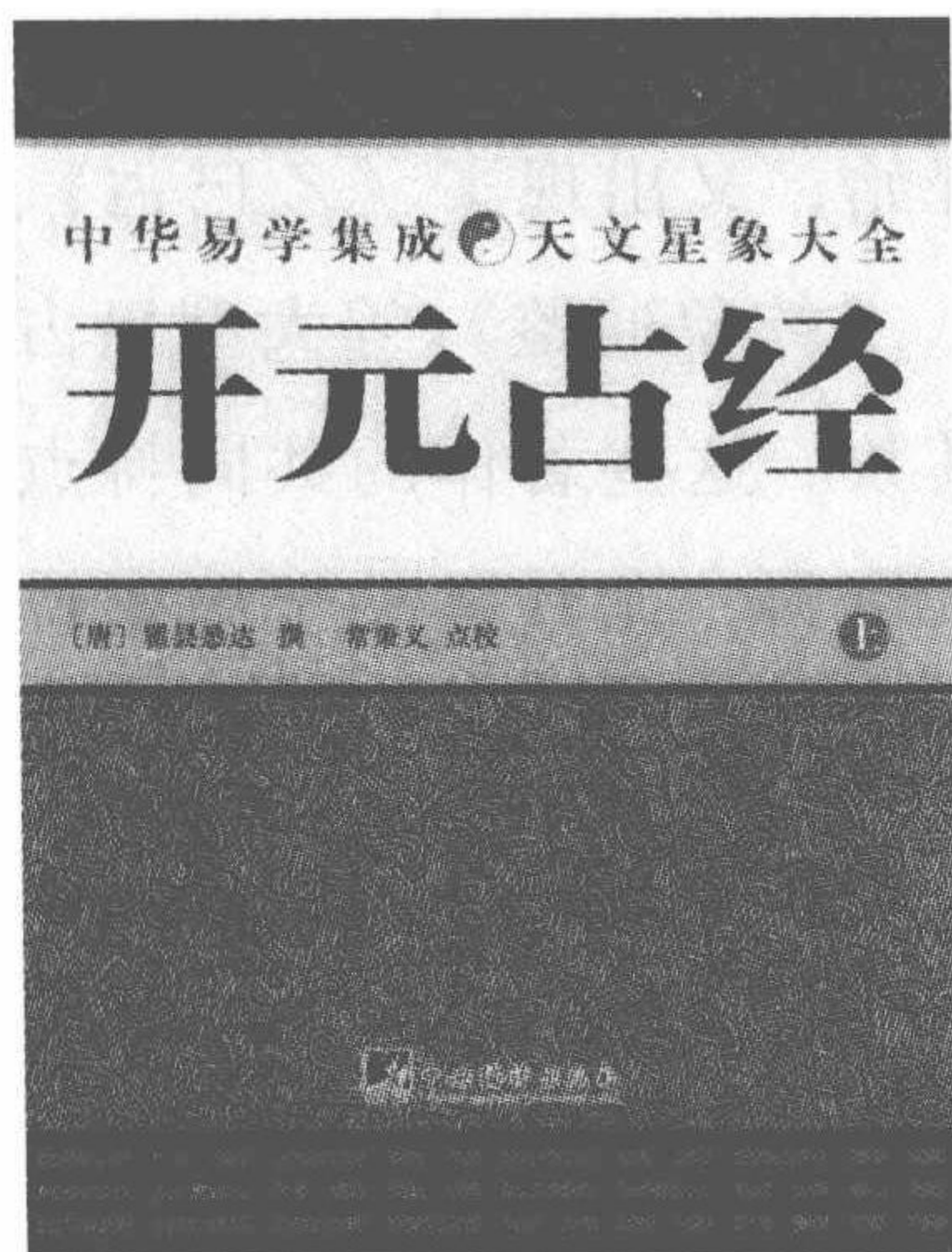
大规模的天文观测活动，为我们留下了丰富的天文观测资料，其中既有正常天象的记录，又有异常天象的记录。二十四史的有关篇章专门收集天象记录，其他史书以及地方史志也都收集了有关的古代天象资料。据统计，古代文献中记有日食约 1 000 次，月食 900 多次，太阳黑子约 100 次，彗星 500 多次，流星雨约 180 次，新星和超新星约 90 次，五星联珠 10 多次。此外，还有极光、黄道光、变光星、变色星及怪星的记事。这些天象记录以其丰富、系统和延续时间长在科学上显示出重要价值。

占星术著作中有大量关于恒星位置测量、星图绘制、奇异天象的观测等资料，在天文学史上占有重要地位。我

国最早的占星术著作是战国时甘德的《天文星占》和石申的《天文》，后人合称《甘石星经》。1973年，长沙马王堆汉墓中出土了《五星占》和《天文气象杂占》。《五星占》给出了从秦始皇元年（前246）到汉文帝三年（前177）的70年间，木星、土星和金星的位置表和它们在一个会合周期的动态表。《天文气象杂占》中最令现代天文学史家感兴趣的是29幅彗星图。图中详细绘出了彗头和彗尾的形状，并在图下注出了相应的名称，共计18种。这是世界上最早的彗星图文资料。西汉时，中国传统星占术的大厦已告建成，著作数目空前，仅《汉书·艺文志》就列有21家，450卷，还不包括前面提到的出土的星占著作。东汉以后，占星术进一步发展，《隋书·经籍志》中所列的星占著作已达80余家，670多卷。从唐代开始，又出现了《乙巳占》、《开元占经》、《景祐乾象新书》、《乾象通鉴》等大型星占著作，至于小型著作更是不计其数。这些著作的共同特点是收集了大量前人和当时的天文资料，尤其是关于星座位置、天象记录等方面有极高价值。如唐李淳风的《乙巳占》中保存了他的《历象志》和《乙巳元历》两部已佚著作中的许多内容，唐宋之间的《观象玩占》中的一幅全天盖天式星图反映了唐末星图水平及星官制度，北周庾季才编、北宋王安礼重修的《灵台秘苑》保存了北宋皇祐年间（1049—1054）恒星测量时编制的一份星表，北宋杨惟德的《景祐乾象新书》及南宋李季《乾象通鉴》中为我们保存了景祐年间（1034—1038）杨惟德对周天恒星位置的测量结果，

成为探讨宋代恒星观测水平不可缺少的文献。然而最著名、保存资料最丰富的星占著作要数《开元占经》了。

《开元占经》，全称为《大唐开元占经》，共120卷，是印度裔天文学家瞿昙悉达奉命在唐朝开元年间领导太史监的工作人员集体编写的。书成后，作为皇家秘本，一直深锁宫闱，很少流传。其后历经沧桑，几乎到了失传的地步。明神宗万历四十四年（1616），安徽歙（shè）县一个叫程明善的人，在整修一尊佛像时，意外地在佛像腹中发现了《开元占经》的抄本。一时人们纷纷传抄，该书才得以流传。现在传世最广的刊本是清朝道光年间的恒德堂刻本。《开元占经》也曾东渡日本，在日本有此书的古抄本。



《开元占经》

对现代学者来说，《开元占经》相当于一座巨大的历史文献宝库。该书在撰写过程中，采用的古代文献达300多种，其中许多都已失传。据统计，书中辑录和摘引现已失传的古代天文和星占著作77种，纬书^①82种。《开元占经》虽然是一部占星术的著作，但它所包括的内容却大大超出了星

^① 纬书，与经书相对而言，是对儒家经书的解释。有许多牵强附会之处，充满封建迷信色彩，但是其中也保存了很多神话和天文资料。纬书产生和盛行于西汉末及东汉时期。

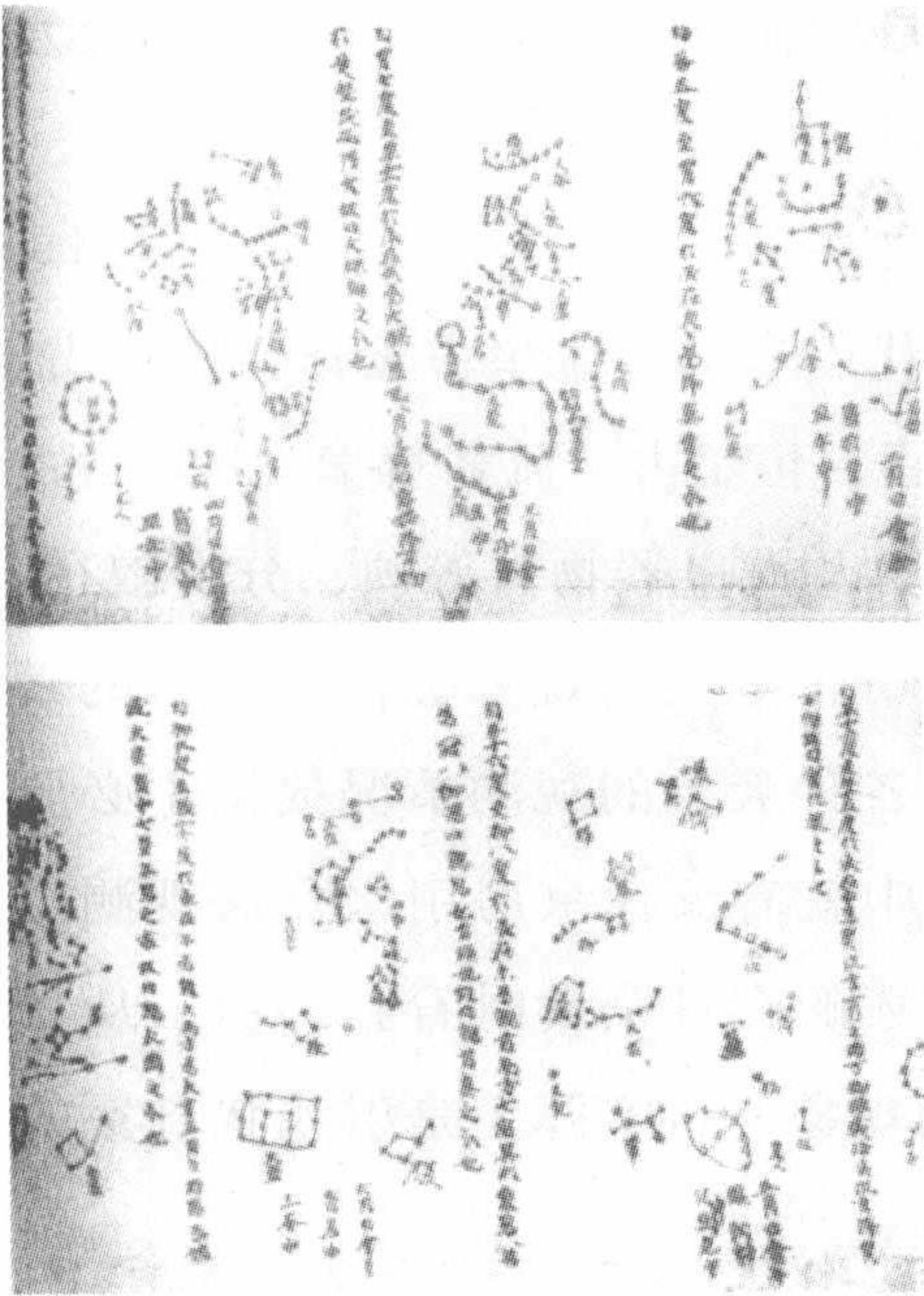
占所需要的范围，其丰富程度远胜于其他同类古籍。

《开元占经》在头两卷“天地名体”篇中，集中辑录了自汉代以来，各家对天地结构问题的讨论。其中有些内容，如后秦姜岌的《浑天论答难》、梁武帝在长春殿召集群臣讨论天地结构问题的记录、南朝祖暅（gèng）对姜岌的批判等，均仅见于此书。而祖暅的《浑天论》、陆绩的《浑天象说》等，也比《晋书·天文志》、《隋书·天文志》中的记载更详细。另外，卷二关于地动说的一段讨论也为我们了解传统的以地动解释某些天象的地动说的内容、流传及发展情况提供了重要线索。

除卷一〇三至一一〇之外，《开元占经》自卷三后都是星占内容，集中汇编了汉代以来的各家星占著作，依天占、地占、日占、月占、五星占、恒星占、流客彗孛（bèi）占、云气占、气候占、草木鸟兽及人鬼器物占等项，分类叙述。这不仅为我们探讨星占这一古老文化现象提供了丰富的素材，也为我们了解古人对各种天象的观测情况提供了必要的帮助。例如，书中卷九中就有汉代京房用水盆法观测日食的记录，还提到他所描述的在日全食时看到的白云从日面边缘向四外“冲出”的现象，这实际上是射线状日冕的观测记录。

《甘石星经》是我国最早的星占著作，但早已失传。然而在《开元占经》中我们可以见到大量的引文和辑录，其中包括一份《石氏星表》。这份星表记录了121颗恒星的位置，是世界上最早的星表之一，比古希腊的依巴古星表和

古罗马托勒密星表都要早。《石氏星表》对恒星位置的描述，采用了赤道坐标，这说明我国至迟在战国时代就已经在天文观测上应用了比较先进的赤道坐标系统。书中卷二十三摘有甘德对木星的一段论述，说木星“有小赤星附于其侧，是谓同盟”。据科学工作者研究认定，这颗附在木星边上的小赤星，正是木星卫星中最亮的一颗——木卫二。在欧洲，直到伽利略发明望远镜之后，才观测到这颗木星卫星，比中国晚了将近 2000 年。



《甘石星经》

与全书大部分内容相异，在《开元占经》卷一〇三至一一〇中，几乎没有星占内容。其中卷一〇三介绍了唐初天文学家李淳风编定的《麟德历》。这部历法继承了隋朝天文学家刘焯（zhuō）《皇极历》的成就，并在天文数据和有关的数学计算方面又有许多进步，是我国历法史上的一部重要作

品。关于《麟德历》，《旧唐书》和《新唐书》中都有记述，但是错误很多且互有差异。《开元占经》编撰时，《麟德历》正在行用，因此它的记载对于研究《麟德历》自然

有更大的参考价值。

唐代是一个气魄宏大的时代，中外文化交流十分频繁，《开元占经》就为我们保留了中印天文学交流的一些史料。书中的卷一〇四辑录了瞿昙悉达编译的印度历法《九执历》。印度天文学曾经受到希腊天文学的影响，其系统与我国古代天文学有很大差异。从历法中的天文数据来看，《九执历》比我国当时的历法略显粗疏，但有的天文学的概念和计算方法却是比较先进的，很值得我们借鉴。书中关于《九执历》的内容，不但为研究古代中印文化交流提供了珍贵资料，同时也为研究印度天文学史提供了一份难得的历史文献。

星官，是中国古代的一种恒星命名形式，一个星官是一个恒星组合，其中星数多寡不等。中国古代的天文学家分为许多流派，许多流派都有自己的星官体系，它们之间有同也有异。三国时，吴太史令陈卓把古代主要的三家星官体系——甘氏（甘德）、石氏（石申）、巫咸^①，并同存异，综合为由 283 个星官组成，包含 1 464 颗星的完整体系。这个体系被后世接受，成为中国传统的恒星命名系统。但是，由于陈卓的综合成功，反倒使三家星官的原貌逐渐不为世人所知。在《开元占经》的卷一〇六至卷一一〇中，有“二十八宿星座古今同异”、“石氏中官星座古今同异”、“甘氏中官古今同异”、“甘氏外官”、“巫咸中官”等内容，

^① 巫咸，古代传说中的天文学家和巫师。

依次列出了二十八宿距度的古今同异以及三家星官位置的古今异同。这样，联系前面卷六十九到卷七十一中甘氏及巫咸中、外官星占的有关内容，使我们对三家星官的原貌有了一个大致的了解。中国古代大量的天象记录常以星官作为天文事件发生地点的参照坐标，因此，对星名和星官演变的研究，不仅有史学上的价值，而且也为有关的现代天文学家所关注。

三 天文仪器

——《新仪象法要》

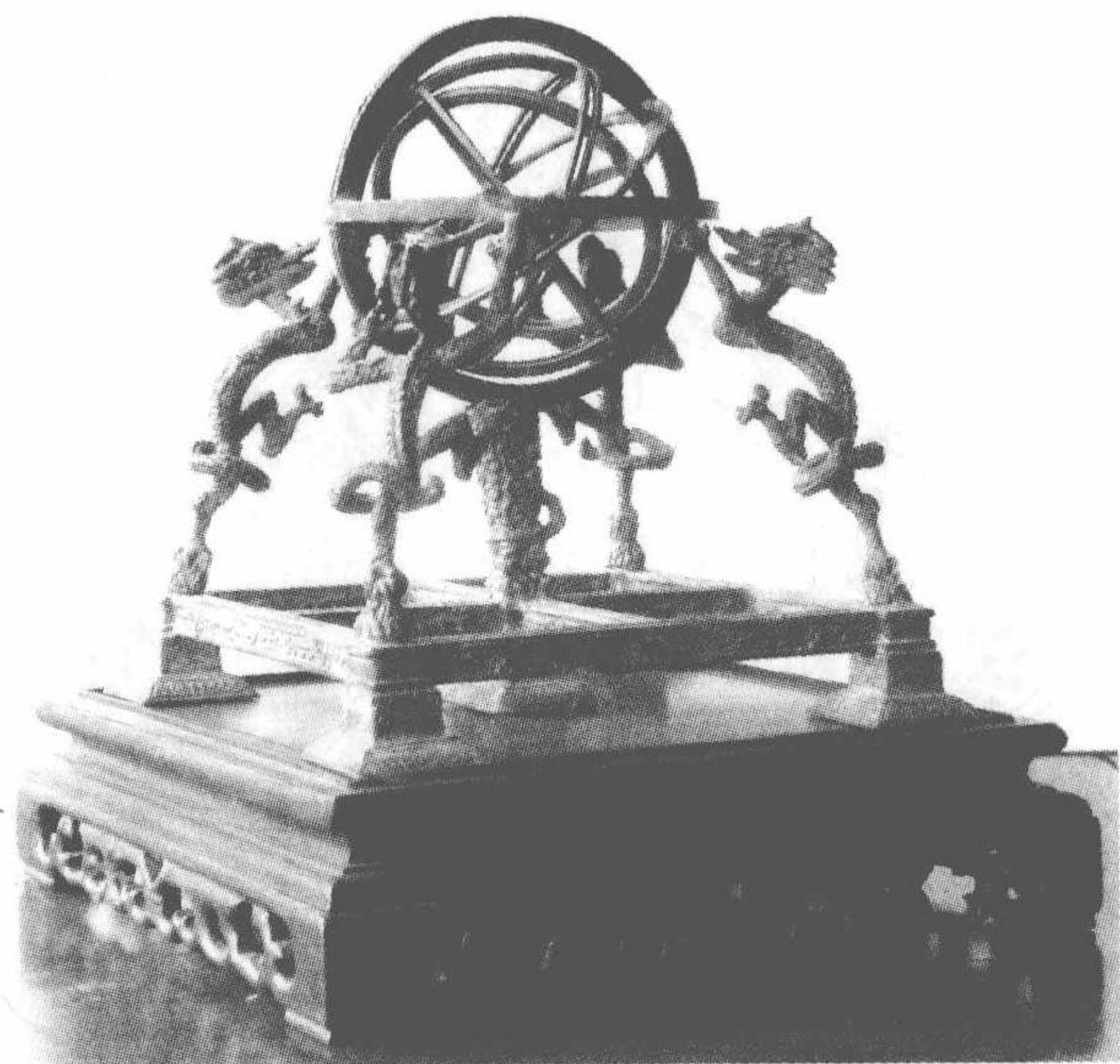
在我国历史上，天文仪器的种类很多，有测角的，有测时的，有演示性的，有的还将几种仪器联在一起使用。其中圭表、漏刻、浑仪和浑象是最为常用的。我国最早使用的天文仪器大概是表，也就是《周髀算经》中的“髀”，通过测量表杆影子的变化，可以确定方位、时刻和节令。后来为了提高精度，在表下又加了一个平正的标准尺，这就是《周礼》一书中多次出现的“土圭之法”，所以这种测影仪器又叫圭表。由圭表又发展出多种多样的测影仪器，如下面装有罗盘或时间刻度盘等，它们又统称日晷。秦汉时期就已有了专论日晷的著作，《汉书·艺文志》中记有《大岁谋日晷》29卷、《日晷书》34卷。

漏刻的起源也很早，传说是黄帝发明的，考古研究认

为在公元前三四千年我国就开始使用漏刻计时了。早期的漏刻只有贮水和受水两个壶，由于结构简单，所以要许多人轮流看守。《周礼》是我国最早提到漏刻的文献，上面记载掌管漏刻的人员，自挈壶氏以下，有 20 人之多。后来，人们又在贮水壶上加一个能够飘浮的小箭，上有刻度，随水位降低而显示不同的时间。秦汉时，已有浮箭式漏刻，也就是将有刻度的小箭放在受水壶中，随着水量增多而逐渐上升。这样改革，便于在贮水壶中添水，以保持水位和流速的稳定，也为发明多级补偿式漏刻创造了条件。多级漏壶，就是用上一级漏壶漏出的水来补充下一级漏壶的水位，使其保持基本稳定，补偿壶越多，最下面的漏壶的水位就越稳定，计时也就越准确。东汉张衡《浑天仪图注》中记“漏水转浑天仪”里用的是二级漏壶，是我国这项发明的最早记载。汉代专论漏刻的著作还有《常符漏品》和霍融的《漏刻经》等。魏晋南北朝时，漏刻又有重大发展，有许多改进和发明，漏刻专著就有十几种。晋代孙绰的《漏刻铭》最早记载了三级补偿式浮箭漏；梁代陆倕（chuí）的《新漏刻铭》记载了祖暅用龙口承接吐水，避免了水波激荡，不易读刻数的发明。公元 5 世纪，北魏道士李兰发明了秤漏，即用中国秤称量流入受水壶中水的重量的变化来计量时间，其详细结构都记载于李兰所著的《漏刻法》中。该书中还记有一种称为“马上奔驰”的漏刻，顾名思义，这是一种便携式的漏刻，可以在骑马出行时计量时间。

浑仪和浑象，前者是观测仪器，后者是演示天象的仪器，两者的理论根据都是浑天说，因为它们都是以圆形的天球作为观测和演示对象。浑仪约创制于公元前4世纪至公元前1世纪之间，据西汉末杨雄《法言》中的记载，汉武帝时落下闳（hóng）曾制造过一架浑仪，另一位天文学家鲜于妄人用它来观测。一般认为原始的浑仪可能由两个圆环组成，一个是赤道环，其平面和赤道面平行，上面刻有周天度数；一个是四游环，也叫赤经环，能够绕着极轴旋转，上面也刻有周天度数。在四游环上附有窥管，可以绕着环的中心旋转。旋动四游环和窥管，当窥管指向某待测天体时，它在各读数环中的位置就是该天体的坐标。为了便于测定太阳的位置，东汉的傅安和贾逵在前人浑仪的基础上又增设一个黄道环。张衡时又增加了一个地平环和一个子午环，至此，我国古代创制的浑仪就基本定型了。东晋时期前赵孔挺制造的一架浑仪，在浑仪发展中有着重要的地位。这架浑仪去掉了黄道环，使浑仪外重变成由地平、赤道、子午3个相交的大圆环组成的固定骨架；内重的四游环则变成直径8尺的双环，双环直径中间夹着可以转动的望筒。孔挺的浑仪是我国最早有详细结构记载的浑仪。

和浑仪一样，浑象的发明也是一个谜，我们只知道西汉宣帝时耿寿昌曾制造过浑象。浑象的基本结构是在一个象征地平的圈或框中，架着一个可以转动的象征天球的大圆球；大圆球上布满星辰，画有南北极、黄赤道、恒显圈、恒隐圈、二十八宿、银河等。由于大圆球的转动带动星辰



浑 仪

也转，在地平以上的部分就是可以见到的天象了。东汉时期张衡曾发明了用漏壶中的流水推动浑象与实际天象同步运转的水运浑象，并且附有一个叫蓂莢（míng jiǎ）^① 的机构，是一个自动的机械日历。《浑天仪注》实际上就是这架仪器的说明书。张衡的发明开创了后代制造自动运转仪器的先声。魏晋南北朝时，又造过多架浑象，刘宋元嘉十七年（440）钱乐之造的小浑象，以白、黑、黄三色珠为星，以区别甘德、石申、巫咸三家星官。当陈卓的著作散失后，这是后世记载三家星官的主要依据。

^① 蓂莢，传说中的一种瑞草，从每月初一开始，每天长一叶片，半个月后，每天掉一叶片。张衡用机械方式表现这一过程。



浑 象

由前面的叙述我们可以看出，至南北朝时期为止，我国的天文仪器有了很大发展，并且出现了许多专著，可惜除了极少部分外，大多都没能流传至今。像北朝信都芳写的《器准图》，全面介绍了浑仪、候风地动仪、漏刻等天文仪器，且图文并茂，十分珍贵，也没有流传下来。我们今天之所以能了解南北朝以前天文仪器的发展情况，不能不感谢唐代的李淳风，他为我们留下了《晋书·天文志》和《隋书·天文志》两部重要著作。在两书《天文志》中，李淳风对前代仪象的发展情况进行了考证和追述，并作了简

要总结。像前赵孔挺的浑仪的详细记载就见于《晋书·天文志》。由此开始，历代史书《天文志》都将天文仪器的制造和发展列为重要内容。

唐代是我国天文学发展的一个重要时期，在天文仪器的制作上也谱写了新篇章。在这方面，李淳风也是一个承前启后的重要人物。他所制造的浑仪又加了黄道圈、白道环，而且根据实

际天象，二环位置可以转换。从李淳风开始，中国传统浑仪的三重圈结构（即六合仪、三辰仪、四游环）已基本



李淳风墓

固定下来，成为后代浑仪的定式。李淳风著的《法象志》是一本天文仪器著作，记载了他的研究成果。开元年间，僧一行和梁令瓚（zàn）又造了一架浑仪。这架浑仪在外重的六合仪上去掉赤道而增加了卯酉圈，因而外重为子午、卯酉、地平三圈交合，中间的三辰仪，也由3个大圆构成，赤道上每隔一度打一圆孔，表示赤道与黄道的交点。黄道环根据实际天象放到相应的一对圆孔中固定。这样的装置可使黄道在赤道内游动，故名黄道游仪。一行等人的浑仪达到了完善阶段，但其结构的复杂性也达到了高峰。为了实现唐玄宗要求制作更精巧的天文仪器的愿望，一行和梁

令瓚又研制了“开元水运浑天俯视图”。这是继张衡和隋朝耿询之后的第三架水运浑象。这架浑象在天球外又增套了两个环，一个环上运行太阳，一个环上运行月亮，并有木人击鼓敲钟报时。一些研究人员认为这架水运浑象已使用了擒纵装置。关于一行等人的工作，《新唐书·天文志》和《旧唐书·天文志》都有记载。

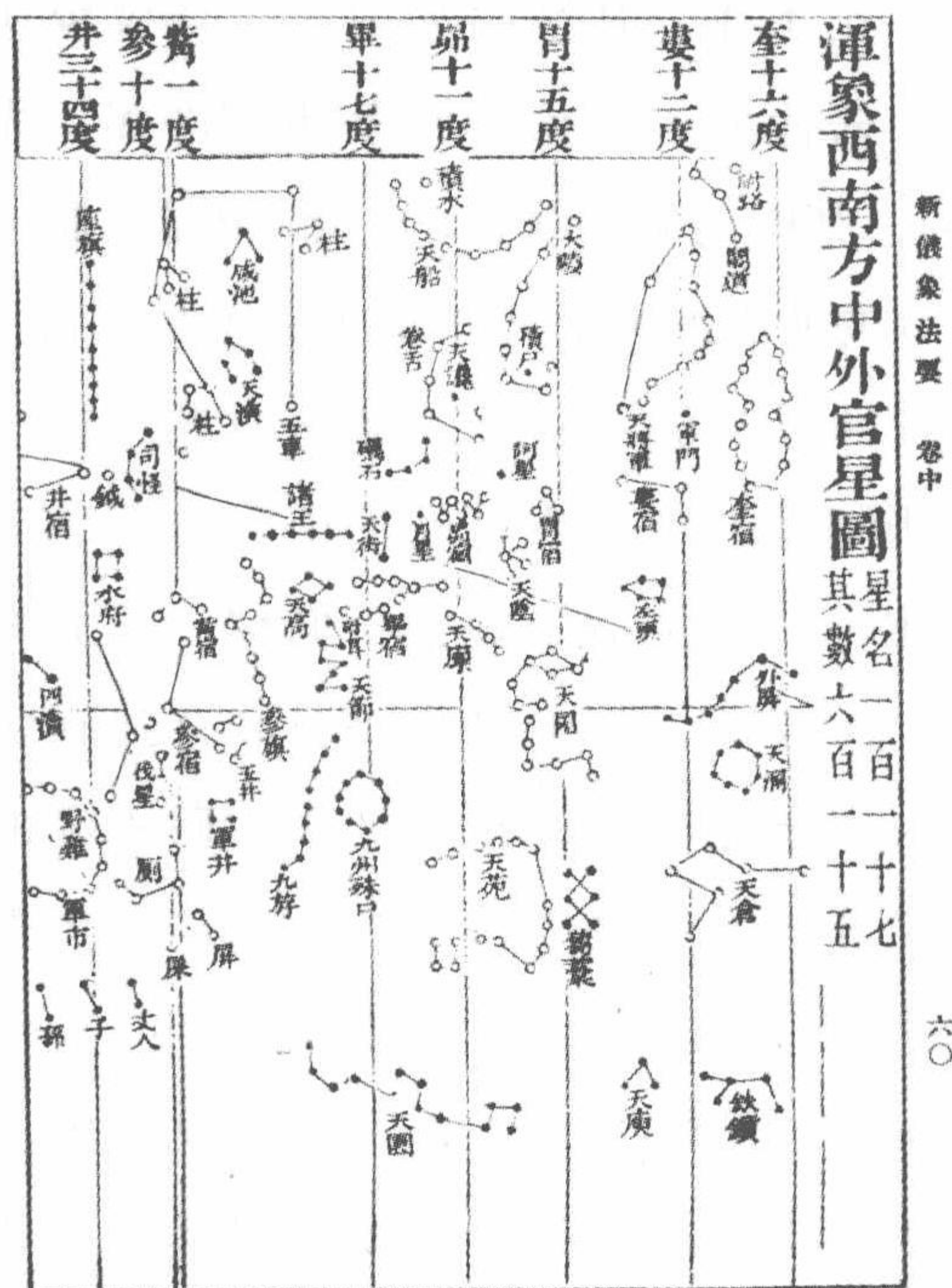
宋元时代是我国天文仪器发展的高峰。宋代从太平兴国四年（979）至元祐七年（1092）不到百年内，创制了五大浑仪，每架用铜都达两万斤左右，在数量和规模上为历代王朝之冠。据《宋史》记载，燕肃在公元1031年发明了莲花漏壶，首次使用了漫流系统，也就是在漏壶上部开孔，使多余的水由此溢出，以保持水位的恒定。燕肃的发明最终取代了唐宋以来普遍使用的秤漏。宋代对天文仪器的改革是全方位的。1074年沈括向朝廷连上三道奏本——《浑仪议》、《浮漏议》、《景表议》，后人合称《浑仪浮漏景表三议》。这是中国古代重要的天文仪器专著。在三篇奏本中，沈括回顾了历代天文仪器制作的历史及其优缺点，提出了改革建议。如在漏刻上考虑到水流量、水粘滞性、漏管的长度和半径对计时精确度的影响；在测影时建议把圭表放在密室中，让阳光从狭缝中穿入，以减少灰尘对阳光的散射。特别是他在浑仪制作上省去了白道环，将黄道环和赤道环固定，减少了多环对天空的遮挡。沈括的这项改革是浑仪由简至繁，再由繁至简的一个转折点。在宋代，曾两次制造水运仪象，一次是太平兴国四年张思训的“太

平浑仪”，用水银代替水作为浑仪的动力是他的一大革新。另一次就是苏颂等人制造的著名的水运仪象台，这是天文仪器史上的一个杰作，其结构苏颂在《新仪象法要》中有详细的说明。宋代的天文仪器专著还有许多，光漏刻专著就有近 20 种，其中南宋颜颐仲的《铜壶漏箭制度》是中国古代流传至今的所有漏刻著作中最为完整的一部。

元代是我国天文仪器制作的鼎盛时期。在这一时期对天文仪器的研制作出巨大贡献的功臣当首推郭守敬。他先后设计制造出简仪、高表、窥几、仰仪、正方案、玲珑仪等十几种新天文仪器，其中最重要、最有独到之处的是简仪和高表。为了避免多环遮掩星区，妨碍观测的弊病，他将传统的浑仪分解为赤道经纬仪和立运仪两大部分，并在窥管两端加上十字丝，创造了结构简单奇巧，便于观测，精度更高的简仪，最终完成了我国浑仪发展史上由繁至简的改革。高表是郭守敬在前人基础上的又一大革新。元之前的圭表一般高 8 尺，而郭守敬大胆地把表高增到 4 丈，并在表上增一水平横梁，在圭面上设一利用小孔成像原理制成的景符。当太阳、横梁和景符小孔连成一线时，圭面上形成的太阳和横梁的倒影，清晰可见，大大提高了观测精度。郭守敬创制的天文仪器在当时世界上是领先的，《元史·天文志》中为我们保存了较详细的资料。

明代在天文仪器上没有多大发展，所造的仪器也大多是仿制前代的。明末清初，西方天文学传入我国，像南怀仁的《灵台仪象志》、《崇祯历书》等，都大量介绍了西方

天文仪器。因此，在天文仪器制造上出现了中西合流的趋势。

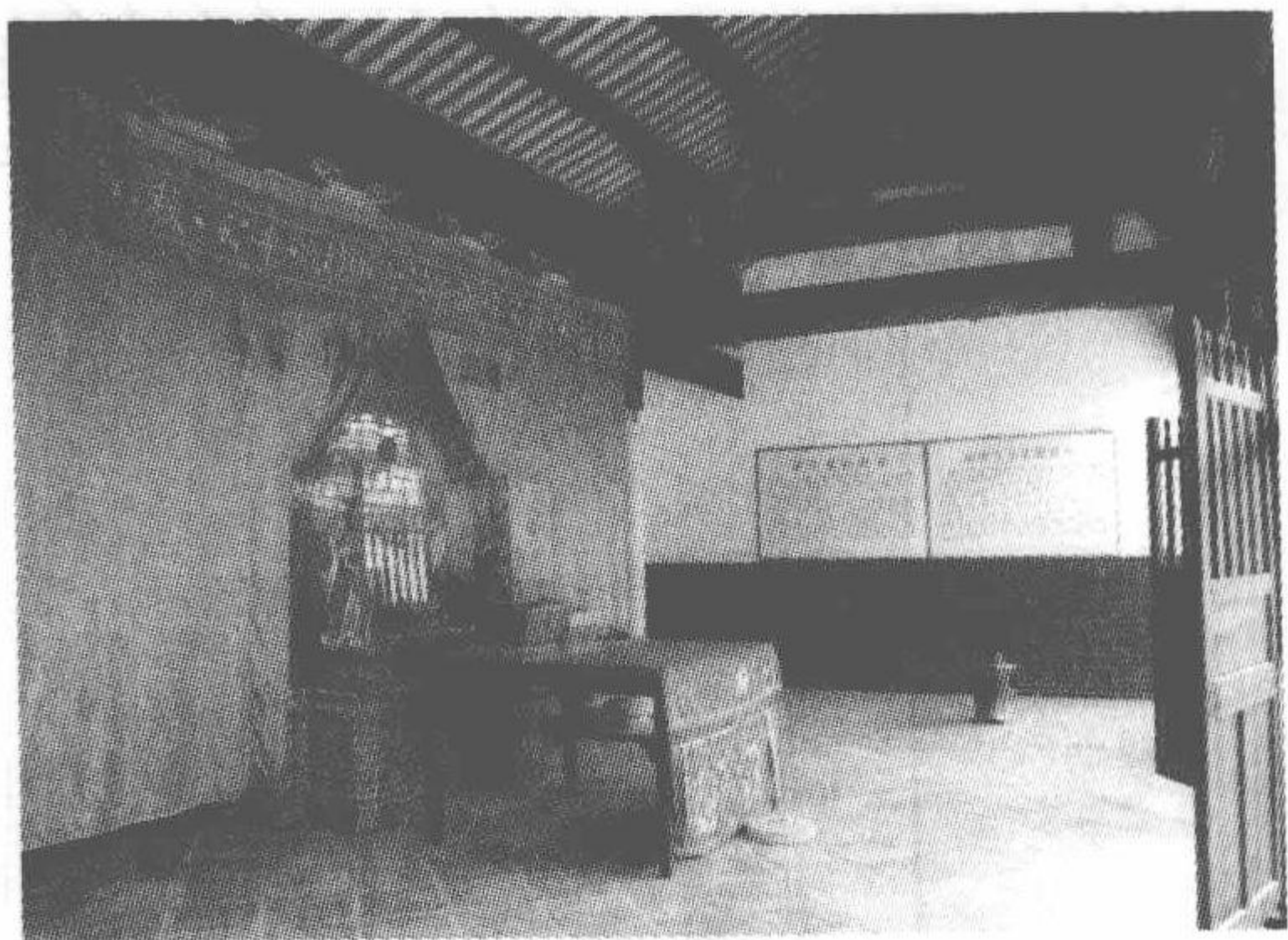


《新仪象法要》

《新仪象法要》是北宋科学家苏颂撰写的介绍中国传统天文仪器制作的专门性著作，由于图文并重，也可称是一本古代天文仪器的专门设计书。该书是中国古代最重要的天文仪器专著之一。

苏颂（1020—1101），字子容，泉州同安（今福建同安）人，出生于官宦家庭，受过良好的教育。仁宗庆历二年（1042）中进士，曾担任过馆阁校勘、集贤校理、尚书

左丞和尚书右仆射等官职。苏颂博学多才，对“图纬、律吕、星官、算法、山经、本草”等无所不通，曾组织医官增补《开宝本草》，并著有《嘉祐补注本草》和《图经本草》等。苏颂于元祐元年（1086）奉诏“定夺新旧浑仪”。他在前人水运浑象设计的基础上，提出将浑仪、浑象、报时装置结合在一起用漏水来运转的设想，并找到了能实现这一设想的吏部令史韩公廉。韩公廉天性机巧，知晓天文，精于算术，在水运仪象台的建造中起过重要作用。水运仪象台建成后，苏颂就水运仪象台的各部分的形制写成一部技术专著——《新仪象法要》。该书于绍圣初年完成，呈进宫廷，一直藏于宫廷秘阁，所以极少流传。

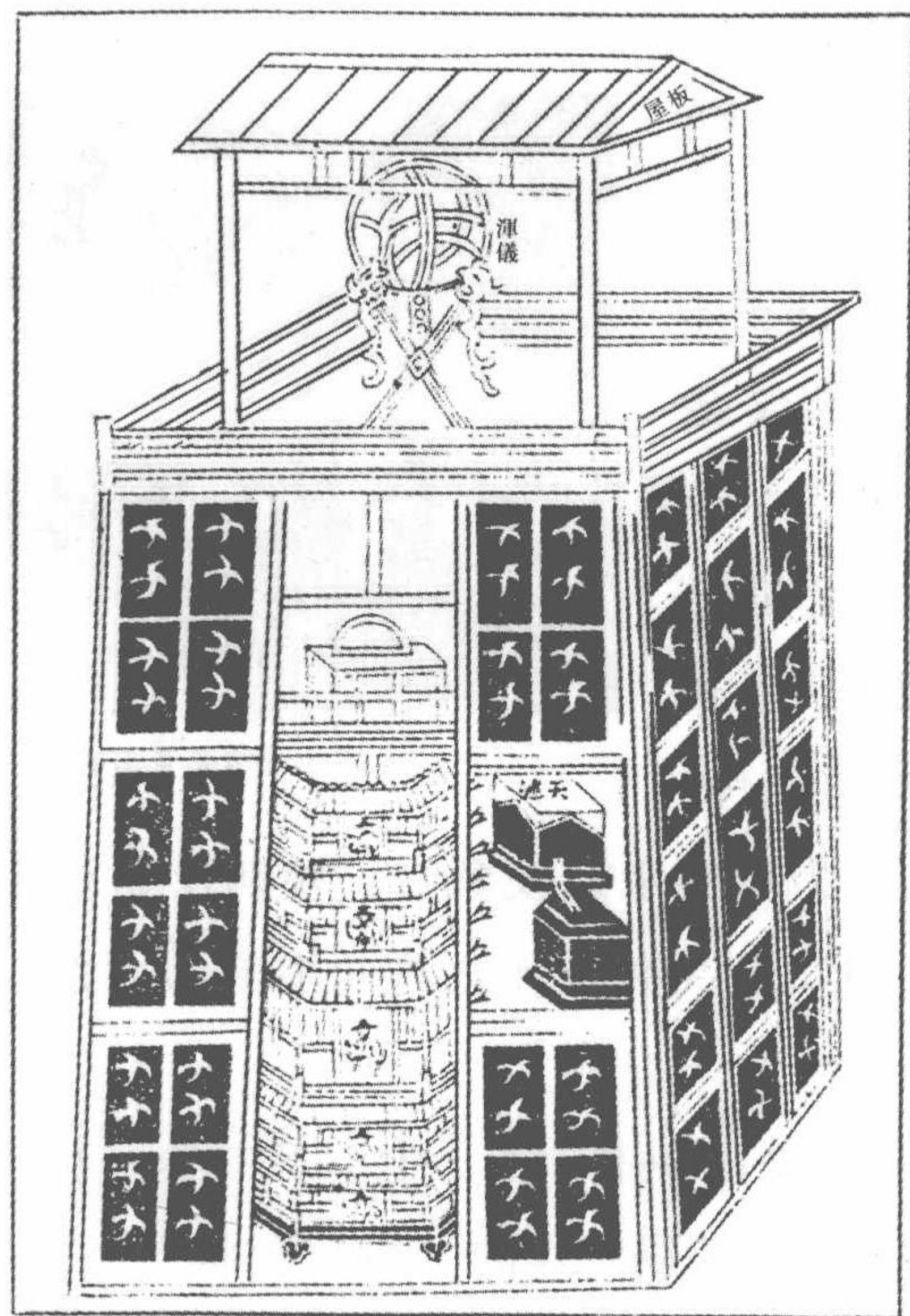


苏颂与回安芦山堂

宋室南迁后，为重建水运仪象台，曾两次访求本书。南宋乾道八年（1172）吴兴施元之将此书刻印，方使此书流传于世。

《新仪象法要》一书分上、中、下三卷。卷上主要包括两部分内容，一是苏颂所作的“进仪象状”，二是对仪象台上所用浑仪结构的详细介绍。在“进仪象状”中，苏颂首先叙述了他奉命对当时太史局和天文院所用浑仪进行考察的结果，以及水运仪象台制作的始末。随后，苏颂又简单

回顾了自张衡以来的仪象发展史，重点介绍了一行、梁令瓚的开元水运浑天俯视图和宋初张思训的太平浑仪。他把古代仪象分作三类，即单纯用于观测的铜候仪，能自动演示恒星中天等天象的浑天仪，以及用以描绘周天星官分布的浑象（天球仪），指出新制的水运仪象台汲取了各家仪象之长，以自动装置连接浑仪和浑象，达到了“制备二器而通三用”的效果。



水运仪象台

在介绍台上所用浑仪结构时，苏颂先介绍了该仪的总

体结构和六合仪、三辰仪、四游仪三个主要组成部分，然后又对三个主要部分的零件一一详细描述，包括零件的名称、尺寸与作用等。全部文字共配图 17 幅，是现存最详细、最直观的一部古代浑仪资料。据苏颂的介绍，这架浑仪上增加了一个“天运环”，它实际上是平行于赤道环的一个齿轮，口径比赤道环小。天运环由恒定转速的“枢轮”经过齿轮系统的换向和变速等一系列调节，可以带动浑仪中的四游环的窥管追随天体运动，进行跟踪观测。天运环的功能与现代天文望远镜上的转仪钟的功能大体相似，但它的诞生却比四方出现的转仪钟早好几个世纪。

该书卷中介绍台上所用的浑象，包括三部分内容。首先是浑象结构，有图 3 幅，仍是按总体到部分一一说明。其次是浑象上的星图，共计 5 幅。这 5 幅星图可分为两套全天星图。一套由一幅圆图及两幅连续的横图组成，圆图画的是以北极为中心的拱极的紫微垣（yuán）星官，横图则以赤道为对称轴，标画出恒显圈到恒隐圈之间的星官。另一套是由两幅分别以南、北极为中心，以天赤道为边界的圆图组成，分别叫作浑象南极星图和浑象北极星图。这 5 幅星图上共有 283 官和 1 464 星，是目前我国古代流传下来的最古老、最完整的星图之一。经学者们研究计算，认为这些星图是根据北宋元丰五年（1082）在开封实际测量后绘制的，各星座的相对位置准确无误，是当时世界上最完备的科学星图。另外在绘图技术上，它采用正圆柱投影法和天顶等距投影法，都比西方早 4 个世纪以上。

卷中的第三部分是介绍四季（春、秋二分，冬、夏二至）昏旦中星^①，资料分别取自《礼记·月令》的记载、僧一行的观测和宋代元丰年间的观测结果，共绘有 9 幅中星图。

《新仪象法要》的卷下主要介绍仪象台的机械结构和工作原理。机械结构也是从整体到局部，从驱动、传动及控制装置，到演示、报时机构一一剖析，分述其构造、形状、尺寸和功用，并配有插图 25 幅。依靠苏颂的描述，我们知道：这架仪器高约 12 米，宽约 7 米，是一座上狭下宽的呈四方台形的木结构建筑。它分上、中、下三层。最高层为平台，安放着一台浑仪，浑仪上面还覆盖着一个“摘脱板屋”，可以根据观测需要自由启闭。这是世界上最早具有活动屋顶的天文观测室，比公元 1561 年普鲁士卡塞尔天文台的活动屋顶要早 4 个多世纪。仪象台的中层是间密室，放置浑象，与天体同步运转。下层是报时系统，有 5 层木阁，层层有门，层层木阁都有木人可以开门而出，随着浑仪、浑象的运转，它们或敲钟，或击鼓，或摇铃，或示牌，及时报时。整台仪器以流水作动力，漏壶和机械传动装置在木阁后面，通过“天衡”控制，使整台仪器均匀运转。据学者研究，这个叫“天衡”的装置是一组杠杆，类似于现代钟表中的擒纵装置。这项发明又比欧洲早了 600 多年。

^① 中星，指晨昏时刻正处于南中天的星。由于太阳每天在恒星背景上东移，故每日同一时刻处于南中天的星不同。古代曾利用观测中星安排农时。

《新仪象法要》不仅是一本极为重要的天文仪器著作，同时也是一本机械工程著作，对研究北宋时期的机械技术水平有重要意义。该书中有图 57 幅，其中机械插图采用透视和示意两种画法，准确无误地反映了各种部件的尺寸比例和相互关系，可以说是我国保存下来的最古老的完整机械图纸。这些图和文字说明为我们后人研究这一巨大发明提供了宝贵史料。根据《新仪象法要》一书，1958 年中国历史博物馆成功地复原了一架木制的、为原大 1/5 的水运仪象台模型，1989 年北京天文馆与福建省同安县科委合作，再次复制成原大 1/8 的模型。

四 历法

——《授时历》

“三月，参星在西方地平线上快要落下去了，这时桑叶萌发，杨柳抽枝，蝼蛄鸣叫，冰已融化，……妇女们要开始养蚕了。”这是《夏小正》中的一段话。由于文字古奥，我们把它译成白话。在天文学史上，称这种通过观测天象和物候来安排一年四季与月份的方法为“观象授时”。“野人无历日，鸟啼知四时”。在历法知识尚不完备的条件下，“观象授时”活动曾持续了相当漫长的一段历史时期。《夏小正》据说就是夏代的历法，虽然现在研究认为该书成书于春秋战国，但书中无疑保存了很久以前人们积累的观象

授时资料。除《夏小正》外，《礼记·月令》、《淮南子·天文训》和《逸周书·时则解》等早期月令著作中都有观象授时的内容。

大约在春秋中晚期，我国产生了一种以 $365\frac{1}{4}$ 日为回归年长度，取 19 年 7 闰为闰周的历法，我们称之为四分历。四分历的两个基本数据在当时世界上是十分先进的，比古希腊人默冬（Meton）的同样发现要早 100 年左右，它的出现标志着我国历法已经进入比较成熟的时期。

在中国古代，历法关系着国计民生的各个方面，因此，颁布历法是一件极为重要的事。战国时期，列国争霸，许多诸侯国都颁布了自己的历法，主要有黄帝、颛顼、夏、殷、周、鲁 6 种。6 种历法都是四分历，只是所规定的历法起算年份（历元）和每年开始的月份（岁首）有所不同。秦国使用的是颛顼历，因此当秦扫灭六国，一统江山后，颛顼历就成为秦始皇颁发全国的历法，直到汉初仍在继续沿用。到了汉武帝时，颛顼历已日渐疏漏，影响了农业生产，所以汉武帝组织一批天文人才颁布了新的历法《太初历》。汉武帝的改历，奠定了中国改朝换代时更换历法的传统，而《太初历》的出现则标志着中国古代历法体系的形成。《太初历》首次提出了以没有中气（雨水、春分、谷雨等十二节气）的月份为闰月的原则。这个方法在农历（或夏历）中一直沿用到现在。《太初历》还第一次明确提出了 135 个朔望月中有 23 个食季的食周概念，并且依据五星在

一个会合周期内动态的认识，建立了一套推算五星位置的方法。可以看出，《太初历》并不是一个单纯的日历，而是综合了气朔、闰法、五星、交食等多项内容，类似于现在天文年历的综合性工具书。它成为后来编撰各种历法的模式依据。

由于中国古代历法有着丰富的内容，因此，历法的改革也是多方面的，它包括新理论的提出和运用，精密数据的测定，计算方法的改进等。历法的改革带动了整个古代天文学的发展，因此有人认为我国古代天文学史，从一定意义上来讲，就是一部历法改革史。在中国古代，先后出现的历法就达 100 多种。

东汉一代，月亮运动及交食问题是改历活动的一个争论焦点。汉和帝时贾逵用自己造的黄道铜浑仪进行观测时就已经发现月亮的运动是不均匀的。随后相继出现了《九道术》、《月食术》、《月食注》等专门讨论月行和月食的著作。到了东汉末年，刘洪在《乾象历》中第一次将月行迟疾引进历法，定出了比较精确的近点月日数和一个近点月内每天的月亮实际所行度数，由此可以更准确地推算日食和月食。《乾象历》还第一次定出了交食食限的数值，这在交食预报上是个重要的发明。另外，《乾象历》在交点月、回归年长度、黄白道距离等研究上也均有突破，从而开辟了中国古代历法发展的新纪元。

三国两晋南北朝时期，是个社会大动荡的时期，各个民族、各个地区的局部政权更迭迅速，因而也出现了许多

新历法。这时的历法进步主要表现在三个方面：首先是三国时魏国杨伟在《景初历》中提出了食分和日食亏始方位的计算方法，促进了交食理论的发展。其次是刘宋时祖冲之在《大明历》中首次把东晋虞喜发现的岁差现象^①引入历法计算中，提高了冬至点推算的准确性。第三是北齐民间天文学家张子信在一个海岛上利用自制仪器进行观测，发现了太阳、五星也和月亮一样，它们在天空的视运动速度是不均匀的。它告诉人们一个节气和另一个节气的日数可能是不相等的，而计算日月交食不仅要考虑月亮运动的不均匀，还需考虑太阳运动的不均匀性。这一发现预示着历法史上又一次大变革的到来。

隋唐时期的历法在前代成果积累的基础上产生了新的飞跃。首先是隋代刘焯在《皇极历》中采用了定朔的方法，代替平朔，并创立了二次等间距内插法，用以推定五星位置和日月食起讫（初亏和复圆）时刻及食分等，还采用定气的方法来计算日行度数和交令时刻。^②到了唐初李淳风的《麟德历》，定朔法得到肯定，从此代替了平朔法。唐代最著名的历法是一行的《大衍历》。一行为了编制新历，曾进行过大量的实际观测，最为人熟知的是他主持的世界上用科学方法进行的第一次子午线实测。一行的《大衍历》对

① 由于太阳、月亮和行星对地球赤道突出部分的摄引，使地球自转轴的方向不断发生微小的变化，这也使冬至点在恒星间的位置逐年西移，每年的移动值叫岁差。

② 将一回归年均分成24份，这样每过一定时间就交一个新节气，称“平气”；刘焯将黄道均分为24份，太阳每走一个分点就是交一个节气，这样定的节气叫“定气”。

太阳运动的规律做了比张子信、刘焯等人更合乎实际的描述。他认为冬至时日行最急，夏至时日行最慢；他的太阳运动表〔日躔（chán）表〕是根据定气编的。由于太阳运动的不均匀性，所以两个定气之间所需的时间是各不相同。为了从数学上解决这个问题，一行创立了不等间距二次内插法。《大衍历》在日月食和五星运动计算方面也有较大进步，如考虑到视差^①对交食的影响，创立了一套计算视差影响的经验公式。《大衍历》共分7篇，内容和结构都很系统，表明我国古代的历法体系已经完全成熟。之后的各次修历，一般都仿效《大衍历》的结构。中唐以后，曹士蒨（wěi）首先在《符天历》中以一个二次函数式描述太阳周年运动的不均匀性；之后边冈在《崇玄历》中也把二次函数式引入了黄赤道坐标的换算以及月亮黄纬与食差的计算，又在影长计算中应用了三次函数，在太阳赤纬及昼夜漏刻的计算中使用了四次函数。这些工作使高次函数法成为中国古代历法计算的又一重要方法，开创了各种天文数表及其算法公式化的新传统。

宋代，历法计算上又有所发展。周琮《明天历》中的各项计算均使用了高次函数式，并且用到了五次函数。这部历法是中国古代公式化程度最高的历法。以后，姚舜辅在《纪元历》又前进一步，许多经验计算公式，都比以前的历法简便、精密。宋代历法中，最富有创造性的是杨忠

^① 在地球表面观测天体和在地心观测天体所产生的天体位置的差称为视差。

辅的《统天历》。该历中的回归年长度为 365.242 5 日，和欧洲于公元 1582 年以后采用的格里高利历完全一致，但却要早近 400 年。不仅如此，杨忠辅还提出回归年长度不是固定不变的，它的数值古大今小，这是天文学史上的一个重要发现。

中国古代历法发展的顶峰是元代郭守敬等人编撰的《授时历》。《授时历》吸收了以前历代历法的长处，并有所发展、创新，成为我国古代历法史上划时代的产物。



郭守敬塑像

《授时历》是中国古代最优秀的一部历法，由元代王恂（xún）、郭守敬等人编撰。历法初稿完成于元世祖至元十七年（1280），并于第二年颁行天下。而历法的最后定稿则要到至元二十三年（1286）。

早在元世祖忽必烈初登皇位的时候，他的谋臣刘秉忠就曾建议改革历法。1276 年忽必烈攻占江南后，下令改革历

法，设太史局，任命张文谦、张易为主要领导，而以王恂为实际负责人，郭守敬为副手。王恂（1235—1281），字敬甫，河北唐县人。郭守敬（1231—1316），字若思，河北邢台人。王、郭二人都在少年时代就精通天文、数学，又都是刘秉忠在邢台西南紫金山隐居时的学生。在改历中，王恂

主管推算，郭守敬负责制造仪器和观测。后来又先后聘请了南方著名学者许衡、杨恭懿等，从事阐述历理的工作。当时参加改历的南北天文工作人员有数十人之多。经过4年的艰苦努力，新历完成初稿，元世祖赐名《授时历》，取义于“敬授民时”的古语，1281年新历颁行。也就在这一年，王恂病故，而张文谦、张易、许衡也在此前后去世，杨恭懿告老辞归。郭守敬在以后的几年里，独立完成了新历的全部整理定稿工作。后人往往因此认为郭守敬是《授时历》的作者，而实际上《授时历》的完成是当时一批优秀人才集体智慧的结晶。

《授时历》现今只是狭义地指保存在《元史·历志》里的《授时历经》2卷7篇。这7篇分别是：（1）步气朔，介绍推算节气、朔、弦、望所在时刻的方法；（2）步发敛，推算卦、候、土王及五行用事等项；（3）步日躔（chán），求太阳每日在黄道上运行的速度和位置。

時曆立成卷上

嘉儀大夫大史令臣王恂等奉勅撰

大陽冬至前後二象盈初縮末限

積日

日
度
分

八
十
八

度
分

初日

五
四
百
一
十
〇
分
八
五
六
九

一日

五
四
百
〇
五
五
七
二
分
九
一
八
三

二日

五
四
百
〇
九
七
五
八
分
九
六
一
一

五
四
百
〇
一
〇
五
〇
五
九
一
分
五
六
九

《授时历》

介绍太阳黄、赤道经度的

互推；(4) 步月离，求月亮的运行和月道与赤道的交点等；

(5) 步中星，计算昼夜长短时刻、影长和昏旦中星的度数；

(6) 步交会，即日、月食的推算方法；(7) 步五星，推算五大行星的运动和位置。《授时历经》的篇章结构和内容基本上沿用了自《大衍历》以来的历法传统。然而，从广义上说，《授时历》还应包括同授时历法有关的历法理论、天文观测成果等内容，也就是郭守敬整理新历时得到的成果：《推步》7卷、《立成》2卷、《历议拟稿》3卷、《转神选择》1卷、《上中下三历注式》12卷。1286年，郭守敬升任太史令，又写成《时候笺注》2卷、《修改源流》1卷、《仪象法式》2卷、《二至晷影考》10卷、《五星细行考》50卷、《古今交食考》1卷、《新测二十八宿杂坐诸星入宿去极》1卷、《新测无名诸星》1卷、《月离考》1卷等。可惜这些书大部分没有流传下来。朝鲜等国保存着《立成》。近年人们又从北京图书馆的明抄本《天文汇钞》中发现了《三垣列舍入宿去极集》，认为是郭守敬《新测二十八宿杂坐诸星入宿去极》一书的改抄本。此外，《元史·历志》保存有李谦奉元世祖之命所撰的《授时历议》，当是根据《历议拟稿》和其他有关材料写成。而《元史·天文志》中记载郭守敬所创制仪器的资料，也有可能是根据《仪象法式》一书改写的。所有这些，都可视为《授时历》的组成部分。

《授时历》是在总结前人历法经验，认真观测推算的基础上创造出来的一部精良的历法。它在天文观测数据的精确度和历法推算的数学方法上都取得了辉煌的成就，一般统称之为“考正七事”和“创法五事”。

郭守敬很重视天文观测在历法改革中的作用。他认为：

“历之本在于测验，而测验之器莫先于仪表。”真正抓住了修历的关键所在。为了得到精确的天文数据，郭守敬等人进行了空前规模的天文观测。他们在北京、太原、成都、雷州等27处设立了观测所，比唐代多了一倍。郭守敬还改造和创新了许多天文仪器，如圭表、简仪、仰仪、七宝灯漏、星晷定时仪等，有十几种。这些工作，使《授时历》中天文数据的精密程度大大超越了前人。如《授时历》中的岁实（回归年）取365.242 5日，这是郭守敬等人历时近4年的精细测量，并结合前代历法中的可靠资料，加以考证推算而成。它与南宋杨忠辅《统天历》的岁实一样，与现在世界通用的公历回归年数值相同。又如，《授时历》中的朔策（即朔望月）取29.530 593日，现代朔望月的精密值为29.530 589日，二者之差为0.000 004日，精确度确实很高。另外该历中的近点月为27.554 608日，交点月为27.212 224日，精确度也很高。

自汉代以来，黄赤交角（即黄道面与赤道面的交角）一直被认为是24度，经过1000多年，始终无人更正。其实黄赤交角在逐年减小。在《授时历》中，郭守敬根据精密的天文测量，归算出的黄赤交角为 $23^{\circ}90'30''$ （古度）折合成今天的360度制为 $23^{\circ}33'33''9$ ，而精确值为 $23^{\circ}31'58''$ ，误差仅为1.6'。另外，《授时历》中二十八宿距度^①的测量平

① 二十八宿每宿中取一颗星作标志，叫距星，这一宿的距星和下一宿距星之间的赤经差，叫距度。

均误差才 4.5′，也达到了当时世界最先进水平。

《授时历》中还彻底废除了沿用已久的上元积年。旧历法家推算上元积年，是寻求一个所谓的“祥瑞”的计时起点，要恰逢甲子日、朔旦（朔望月的开始时刻，即夏历初一）和冬至同在一天的夜半发生，还要“日月合璧”、“五星联珠”，即日月五星并见于一方。这些条件全部会齐，作为计时起点，就是上元。积年是从制历这一年上推到上元那一年累积的年数。由此可见这项工作是多么繁重。《授时历》抛弃了这种传统算法，而是以实际观测数据为基础，以至元十八年（1281）辛巳岁冬至为历元，使计算方法更为简便、合理。这种方法和近代采用的截元法^①是一致的。这是对我国古代历法的一次重大改革。

除了根据实测考证天文数据外，《授时历》还把当时最先进的数学知识应用于天文计算。郭守敬等人经过刻苦研究，在《授时历》中创立了天文学上 5 项新的推算方法，即用招差法计算日月运动，推算太阳每日在黄道上运行的速度，推算月亮每日绕地球运行的速度等；用弧矢割圆法互推太阳黄、赤道经纬度，计算月道和赤道的交点。《授时历》中的招差术相当于 3 次或更高次的内插法，它的天文基础是考虑了日月五星的不等速运动。这个问题隋代刘焯和唐代一行曾分别用等间距二次内插法和不等间距二次内插法来解决，但不彻底。《授时历》采用三次差分的内插法

^① 取任意一年作为元，作为计时起点。

原理，成为历法中的一大创举。弧矢割圆法类似两个球面三角公式，是我国独特的球面三角学，是数学方法在天文学中应用的一大创新。

在《授时历》中，还废除了用复杂分数表示数据的方法。我国古代历法一般用分数来表示天文数据的整数后的奇零部分，运算十分繁琐。唐代南宫说的《神龙历》和曹士芳的《符天历》中虽然已经引进了十进制的小数概念，但没有被一般天文学家所重视。直到500年后，王恂和郭守敬等人才在《授时历》中采用。《授时历》以一日为100刻，一刻为100分，一分为100秒，秒以下的单位也一律百进位，因此一日的数据可以精确到小数点后面第六位，精度高而且比分数表示法简单明了得多。

《授时历》是我国古代行用最久、最精密的一部历法，从1281年到明末，行用了360余年，在明代时改名为《大统历》。《授时历》还传到海外，元朝时朝鲜高丽王朝就原封不动地搬用了《授时历》，日本1684年采用的《贞享历》也利用了《授时历》的原理和方法。

第三章 数 学

直到明中叶以前，在数学的许多分支领域内，中国在世界上一一直处于遥遥领先的地位。传说早在黄帝时代，隶首就创造了数字符号和计算方法。《史记》中记载大禹治水时已使用了规、矩、准绳。^① 从出土文物看，公元前三四千年的西安半坡遗址和公元前 2000 年的河南偃师二里头遗址出土的陶文中就有了数字；而通过对商代甲骨文中数字的研究，我们发现其中已具有了位置值制的萌芽，形成了十进制的数字系统。十进制记数法是我国古代人民对世界人民的一项不可磨灭的贡献。

在我国的上古及夏商周时代，一些专门技能和知识往往掌握在少部分人手中，并且世代相传。那时数学和天文的专门人才被称为“畴人”。到了春秋时代，周室衰微，政权下移，畴人子弟四散，私学开始兴起，数学知识逐渐普及。同时生产的发展，也促进了数学知识和计算技能的提高。从古代文献中我们得知，九九乘法表在当时是人们的常识，分数概念和分数运算也已形成，特别是像营造都城这样的大型土木工程，无疑需要更为复杂的数学运算。可见，春秋时代我国的数学已有了较高的水平，只是没有专

^① 规，圆规。矩，由长短两尺合成直角，尺上有刻度。准绳，测定物体平直的器械。

门的数学著作传世而已。

战国至西汉，是我国以《九章算术》为代表的古代数学体系确立的时期。在春秋战国之交，我国社会完成了生产关系的转变，人们的生产积极性大为提高，兴修水利，开垦土地，改进耕作技术，同时手工业和商业也得到进一步发展。在这些活动中，数学知识得到普遍应用，为数学的发展提供了新的动力。如《考工记》中就有许多表示直角、钝角、锐角和分数等的专门术语。这时的思想界也异常活跃，诸子兴起，百家争鸣，不仅在社



《九章算术》

会文化方面取得了丰硕的成果，而且促进了思维规律方面的研究。其中的墨家和名家尤为重视逻辑推理和理性思辨，他们提出的一些命题具有深刻的数学内涵。像《墨经》中关于圆、平、端（点）等数学概念的定义就已十分严谨。应该说这时已具备了对数学知识进行总结整理的条件。据《周礼》记载，当时“士”阶层所受的数学教育有“九数”之称。“九数”指的是数学分为九个细目。东汉郑玄注《周礼》时引郑众之说：九数是“方田、粟米、差分、少广、商功、均输、方程、赢不足、旁要。”这与现传《九章算术》的篇目基本相同，只是第九为旁要而不是勾股。《周礼》一般认为成书于战国，因此，至迟在战国时代，由九数发展起来的数学著作可能就存在了。1983 年底在湖北江

陵张家山西汉墓中出土的《算数书》，是我国目前所见最早的数学著作，其中有许多内容与《九章算术》相似，有些标题和算题甚至完全一致。由于该书文字古朴，一般认为很可能是先秦著作或录自先秦著作。

汉代成书的《九章算术》，是先秦至西汉数学知识的总结和升华，在数学的许多方面取得了在当时世界领先的成就，确立了中国古代以计算为中心的数学体系。另外，我们前面谈到的《周髀算经》，由于其中的数学内容，也被后世视为重要的数学著作。

《九章算术》产生以后，我国古代数学研究有过两次高潮，第一次是在魏晋南北朝时期。这一时期数学著作的一大特点是为《九章算术》、《周髀算经》作注。据《隋书·经籍志》记载，仅注《九章算术》的著作就有8种。魏晋南北朝时期，由于战乱不断，政治斗争严酷，致使一些人采取以静制动的方针周旋于纷乱复杂的社会之中，于是清谈之风盛行。在思想领域，儒家的统治地位被削弱，取而代之的是以《周易》、《老子》、《庄子》为主的玄学。玄学力图通过抽象的思辨来论证现实世界的后面有一个产生和支配现象世界的本体，即世界的本原和根本规律。与之相适应，数学家们也开始重视数学理论的研究，试图把以前积累的数学知识建立在必然性的基础之上，三国赵爽的《周髀算经注》和晋代刘徽的《九章算术注》就是典型代表。在这一时期，还出现了一些新的数学著作，弥补了《九章算术》所未涉及的内容，开创了数学研究的新的分

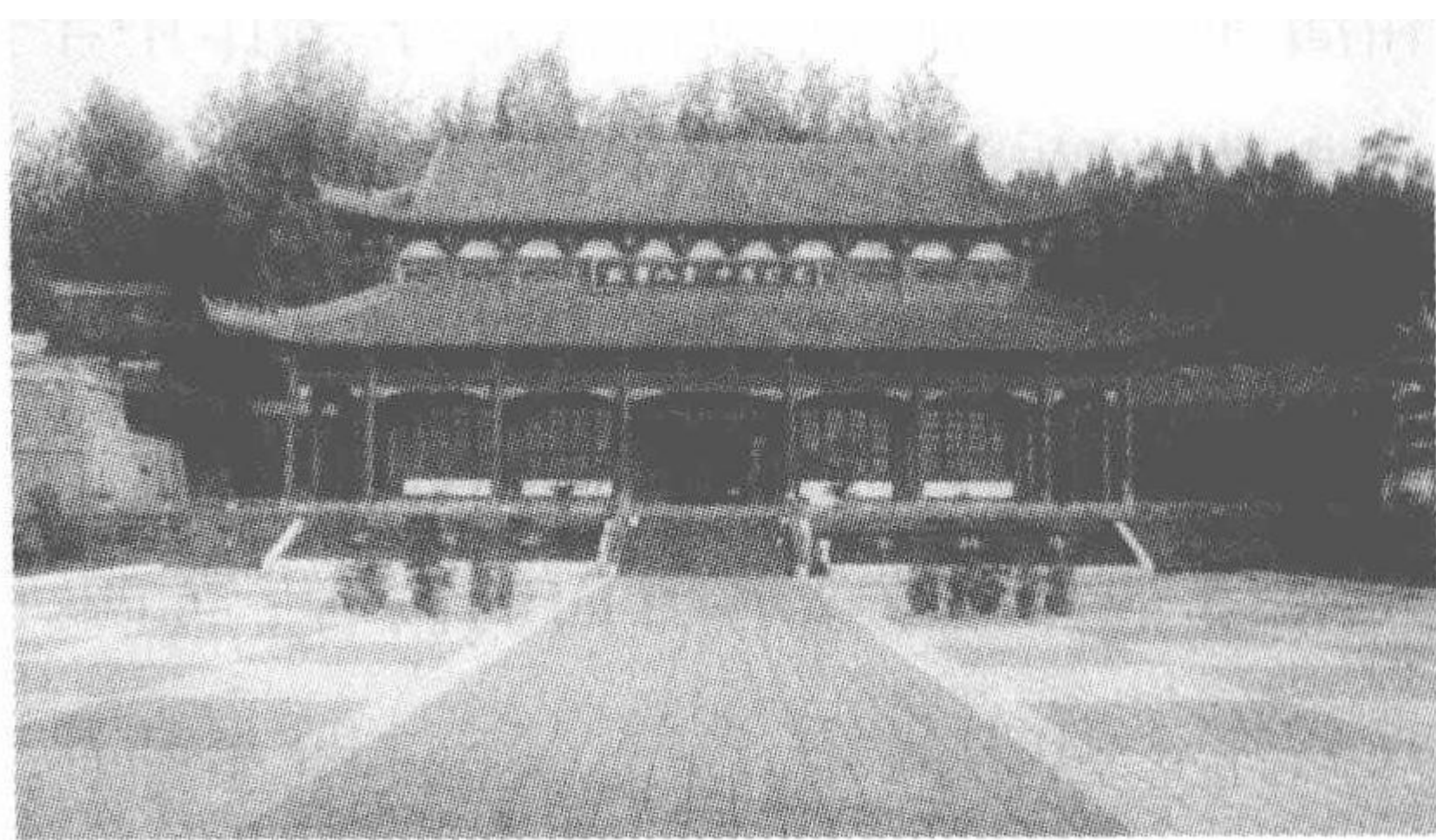
支。其中即有刘徽的《海岛算经》。该书原本附于《九章算术注》之后，后人将它独立成书。书中讨论了由《周髀算经》测日高法发展而来的重差术，并因书中首题是测量一海岛的高远而得名。《孙子算经》，约成书于公元400年前后，记述了筹算记数制度和乘除法则、分数和开方等。其中最著名的是“物不知数”题，书中提示的解法被后世推广成一次同余式组解法，由于是本书中首先提出这一课题，因此被史家称为“孙子定理”。《张丘建算经》，公元5世纪张丘建所著，主要成就是最大公约数与最小公倍数的应用、等差级数、开带从平方和不定方程等，著名的“百鸡问题”就是出于此书。北周甄鸾著有《五曹算经》、《五经算术》、《数术记遗》3种数学著作。《五曹算经》是一部为地方行政官员编写的应用算术书，其中有十进制小数的萌芽；《五经算术》对儒家经典中需要数学知识的部分作了注释；《数术记遗》介绍了3种大数进位制及14种算法，反映了当时改进计算工具的历史情况。这一时期还有许多数学著作没能流传到今天，比较著名的有《夏侯阳算经》、祖冲之的《缀术》、董泉的《三等数》，前2种被收入唐代的“算经十书”，后一种在唐代也是教科书。《缀术》在数学上的成就极高，书中将圆周率精确到3.141 592 6到3.141 592 7之间，同时在球体积问题、二三次方程正负系数的开方问题等方面都有重大突破。

隋唐统治者在国子监设算学馆，在科举考试中设明算科，唐代还将汉唐间的10部重要数学著作加以整理注释，

作为算学馆的教科书。这 10 部著作是《周髀算经》、《九章算术》、《海岛算经》、《孙子算经》、《夏侯阳算经》、《张丘建算经》、《五曹算经》、《五经算术》、《缀术》和《缉古算经》。其中《缉古算经》是唐初王孝通所著，书中 20 个问题大部分用高次方程求解，是现存最早的介绍开带从立方（即求三次方程的正根）的数学著作。中唐以后，由于工商业有较大发展，人们对简化筹算计算过程的要求较为迫切，于是出现了不少有关实用数学的著作，如龙受益的《算法》、江本的《一位算法》、陈从运的《得一算经》等。但是这些著作都没能传到今天，只有韩延的一部算书因原来的《夏侯阳算经》失传，被冠以《夏侯阳算经》之名补入“算经十书”，才流传下来。该书中记载了相当多的捷算方法，并对十进小数进行了推广。总的来说，唐代数学研究的成就不高。除了一行等人的二次内插法外，没有什么重大突破。究其原因，是唐代统治者对数学的重视不够，学习数学的人社会地位非常低，远不如以儒家经典和诗词歌赋中举的人地位高。但是，唐代对古代算书的整理以及算学知识的普及却为宋元数学的发展奠定了基础。

宋元时期，社会相对稳定，经济稳步发展，特别是工商贸易的发达，对实用数学知识的渴求，为数学发展创造了条件。当时出现了许多“捷法”和“歌诀”等，以帮助人们迅速掌握各种计算方法。另外，在这一时期，印刷术已得到广泛应用，并且发明了活字印刷，促进了数学著作的刊印。宋元丰七年（1084），秘书省刊刻了十部算经，作

为学校的课本，这是印刷本算书在我国首次出现。当时数学家撰写的数学著作大都能在成书不久就刊印行世。数学著作凭借印刷术得以空前广泛地流传。在这种背景下，宋元数学研究掀起了又一次高潮，特别是在 13 世纪下半叶，涌现出了秦九韶、李冶、杨辉、朱世杰等一批杰出的数学家，一时间群星闪烁，成就辉煌，可以说是中国古代数学发展中一个登峰造极的阶段。11 世纪上半叶贾宪《黄帝九章算经细草》的问世，标志着我国算法系统在代数学上的飞跃，书中创造的求高次方程系数的“开方作法本源图”（贾宪三角）和增乘开方法超越其他民族几个世纪。差不多同时期的沈括在《梦溪笔谈》中首创隙积术，开创了高阶等差级数求和这一新的分支，还提出了弓形弧长的近似公式。蒋周著的《益古集》用二次方程解决圆的各种关系问题，对天元术的发展也作出了贡献。12 世纪刘益的《议古根源》再次引入负系数方程，并创造了益积开方术和减从开方术，南宋杨辉称之为“实冠前古”。南宋时期，由于宋辽、宋金、宋元在政治上长期南北对峙，因此数学研



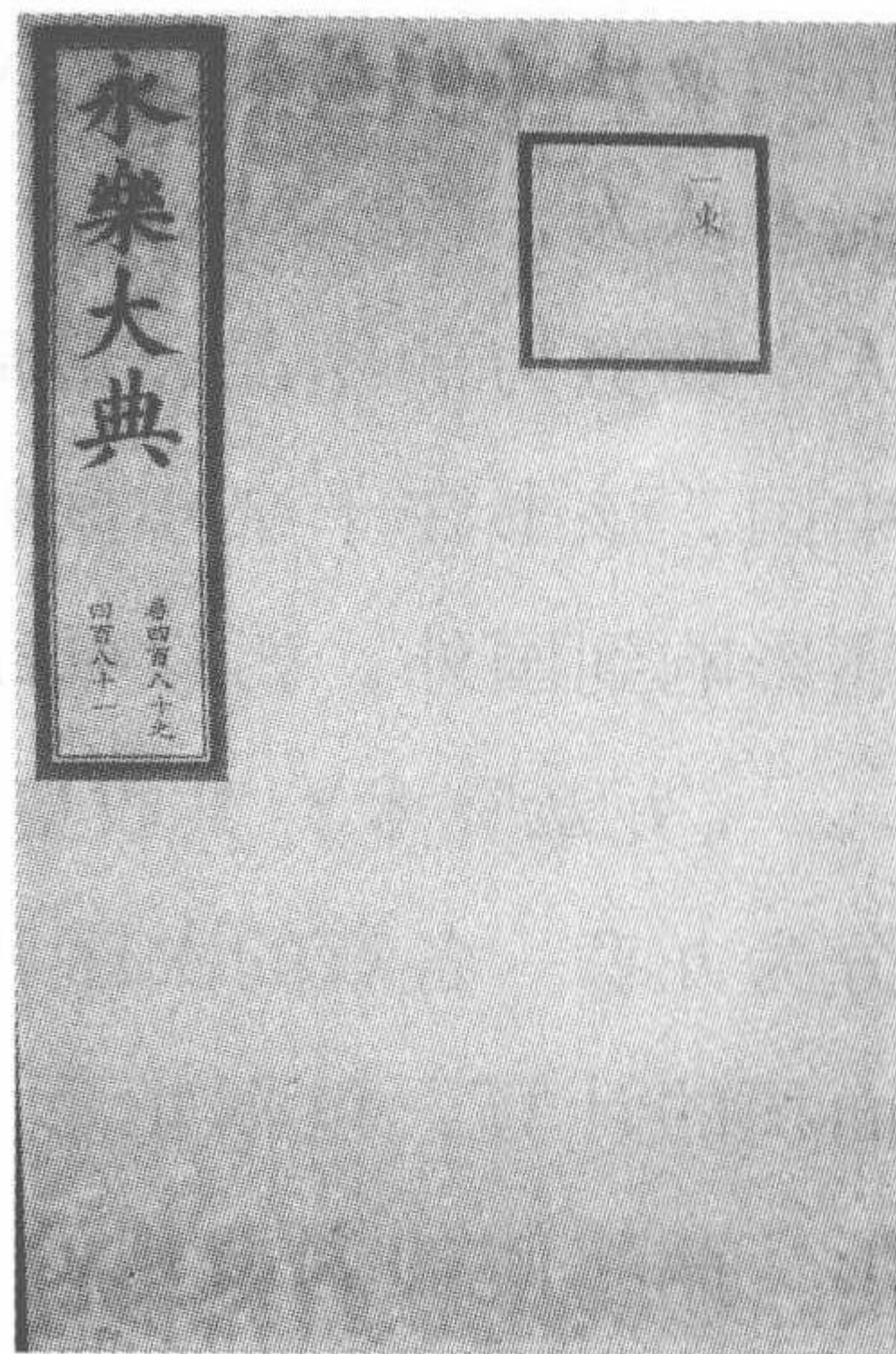
秦九韶纪念馆

究也形成了南北两个中心。南方中心以秦九韶、杨辉为代表，以高次方程数值解法、同余式解法及改进乘除捷法为

主要研究对象。秦九韶的著作是《数书九章》，其中有两项举世瞩目的重要成就，一个是首次系统解决了一次同余式组的解法，一个是提出了求高次方程正根的完整方法。杨辉的著作很多，主要的有《详解九章算法》和《乘除通变本末》、《田亩比类乘除捷法》、《续古摘奇算法》。后3部是杨辉晚期作品，后世合称《杨辉算法》。在杨辉的著作中，收录了不少现已失传的各种数学著作中的算题和算法，如贾宪的“增乘开方法”和“开方作法本源图”等，并且在二阶等差级数和乘除简捷算法上都取得了很高的成就。北方数学中心以李冶为代表，以列高次方程的天元术及其解法为主要研究对象。李冶在前人的基础上，系统地总结了天元术。他的《益古演段》和《测圆海镜》是现存最早讲述天元术的著作，前者是为初学天元术的人写的入门著作；后者则借助勾股、方圆等几何关系建立高次方程，从而全面系统地介绍天元术的理论和算法，其中丰富的几何内容和演绎推理的倾向为古代数学著作中罕见。元统一中国后，南北数学的交流就成了顺理成章的事。朱世杰就生活在这一环境下。他有两部著作，《算学启蒙》是一部数学启蒙读本，包括了从乘除捷法到增乘开方、天元术、高阶等差级数求和等当时数学各方面的内容；《四元玉鉴》是朱世杰的成名作，其中介绍了二、三、四元高次方程的布列和解法，并在高阶等差级数求和问题上有重大突破，两项成就都早于西方数百年，成为宋元数学高峰的代表作。

从明代开始，中国古典数学开始衰落，当时的数学著

作也不少，但在创造性上远不及宋元算书。不过，这一时期的数学仍有两件影响深远的大事。一件是1408年编修《永乐大典》，将明代以前的数学著作分类抄入，许多数学著作都赖此才得以留传到今天。另一件是随着筹算简捷算法的日臻完备，珠算法也得到了发展和普及。如吴敬的《九章算法比类大全》、王文素的《通证古今算学宝鉴》、朱载堉(yù)的《算学新书》等，除了介绍筹算方法外，都提到了珠算。特别是程大位公元1592年写成的《算法统宗》，系统地介绍了算盘的使用方法，曾风行一时，流传甚广。



《永乐大典》

明朝末年，西方数学传入，开始了中西数学融会贯通的新阶段。清代的数学著作非常多，据有人初步统计，中算家有600多人，著作在1000种以上。但是，从总体水平上看，已经落后于西方。

一 《九章算术》及《九章算术注》

《九章算术》唐宋间又称《九章算经》、《黄帝九章算经》，是中国古代最重要的数学经典。据魏、晋间刘徽《九

章算术注》序载，西汉时数学家张苍、耿寿昌在秦始皇焚书劫余残篇的基础上，对该书进行了增订、删补。现代研究者认为，《九章算术》并非出自一人一世之手，而是数代人辛勤努力的结晶，最后成书当在西汉末到东汉初年。在中国，该书在千余年间被直接用作数学教育的教科书；它还影响到国外，朝鲜和日本都曾用它当过教科书。

《九章算术》共收集 246 个应用题，按问题的性质类别分为九章。各章的次序和内容是：（1）方田，是关于土地面积的计算，包括矩形、三角形、梯形、圆形、环形、弓形、截球体的表面积的计算。由于计算面积要用到分数，因此这一章还系统讲述了分数的运算。（2）粟米，讲的是比例问题，特别是如何按比例交换各种谷物等。（3）衰分，是按等级分配物资或按等级摊派税收的比例分配问题。（4）少广，是由已知面积和体积，求几何体一边的长，讲的是由田亩计算引出的开平方和开立方的方法。（5）商功，包括了各种工程中体积的计算，以及人工的合理安排问题。（6）均输，是计算如何按人口多少、物价高低、路途远近等条件，按比例合理摊派税收和派出民工的问题。（7）盈不足，是关于算术中盈亏问题的解决，称“盈不足术”。此章中也涉及比例问题。（8）方程，主要是关于线性方程组的问题。（9）勾股，是关于各种测量和几何计算中勾股定理的应用。

《九章算术》的主要部分采取了以算法统率应用题的形式，即或先列出几个例题，再给出抽象性的术文，此时例

题一般只有题目、答案；或先给出抽象性的术文，再列出例题，此时例题一般有题目、答案和具体术文。在九章中，有近 100 个普遍性公式和解法，已包括现在中小学数学的相当大的一部分内容。如在分数的四则运算、比例、面积和体积、开平方、开立方、正负数、一次方程组、二次方程、勾股定理等方面，书中都有较完备和详细的叙述。

对于分数的运算，我国很早就进行了深入的研究。《周髀算经》的天文计算中就已经有相当复杂的分数运算，但由于没有把约分工作做好，所以算草比较繁复。而在《九章算术》中则给出了包括约分、通分、四则运算等在内的一整套分数运算法则。如书中用“更相减损”术求最大公约数，指出如果分子、分母可以被 2 整除，就都先除以 2。不能被 2 整除的，则以分母和分子相减，一直减到减数和被减数相等，此数即为最大公约数。这种方法和现代算术中的辗转相除法基本一致。而当时，除了我们的祖先，只有希腊人知道这个方法。《九章算术》是世界上最早系统叙述分数运算法则的著作，类似的著作，印度迟至公元 7 世纪才出现，而欧洲则在 15 世纪以后才逐渐形成现代分数的算法。

《九章算术》方程章中的方程术，也就是线性方程组的解法，可以说是这部经典中最杰出的成就。由于中国古代使用算筹表示各项数字，因而书中采用了分离系数法表示方程，相当于现在的矩阵。在解方程中，它所使用的方法叫“直除法”，和现在通用的加减消元法基本一致，是世界上最早的完整的线性方程组的解法。在欧洲，到 17 世纪莱

布尼兹才提出线性方程组的完整解法，比我国要晚 15 个世纪还多。在列方程移项、合并同类项（损益术）和消元过程中会出现负数。《九章算术》在这部分中首次引入了负数概念，并提出了正负数的加减法则，而且在实际运算中进行了正负数的乘除。在世界数学史上，这是第一次突破了正数范围，扩充了数系的概念。

“今有（数人）共买物，（每）人出（钱）八，盈三；（每人）出（钱）七，不足四。问人数、物价各几何？”这是《九章算术》盈不足章的一个应用题。书中创造性地应用了两次假设法，来解决这类问题。设人数为 x ，物价为 y ；每人出钱为 a_1 ，盈为 b_1 ；每人出钱为 a_2 ，不足为 b_2 ，则有下列等式：

$$x = \frac{b_1 + b_2}{a_1 - a_2} \quad y = \frac{a_2 b_1 + a_1 b_2}{a_1 - a_2}$$

这种方法被称为“盈不足术”，书中用它解决盈亏问题和一些数学杂题。“盈不足术”在大约公元 9 世纪传到阿拉伯，被称为“中国算法”，相同的方法西方直到 13 世纪才首次在意大利数学家斐波拿契的著作中出现。

形与数密切结合，是《九章算术》的一个重要特色。在勾股章中，几何问题都依据勾股定理来解决，提出了几何图形的面积、体积和测量“高、深、广、远”等问题的解法，反映了当时测量数学的发达以及地图测绘的水平。在计算面积和体积问题时，要遇到许多开方计算。在《九章算术》少广章中，给出了开平方、开立方的方法，它们

和现今的开方法基本一致，是世界上最早的开方程序。需要指出的是，用算筹列出几层来进行开平方和开立方的运算，相当于列出一个二次或三次的数字方程，即用上下不同的各层表示一个方程各次项的系数。勾股章有一测望问题就归结到开带从平方，即解二次方程。后来，求解高次方程的正根都称为“开方”，成为中国古代数学中最发达的领域。

《九章算术》取得的数学成就是全面的、杰出的，奠定了它在中国古代数学中的崇高地位，称它为中国算经之首是毫不过分的。该书对以后的数学著作产生了极其深远的影响。从内容上讲，《九章算术》的九部分内容确定了中国古代数学的基本框架，形成了中国古代数学以计算为中心的特点；九章 246 个问题，大都来自人们生产、生活的实际需要，开创了数学理论密切联系实际的风格；全书没有任何数字神秘主义的内容，体现了朴素的唯物主义观点，并为以后的数学著作树立了榜样。从全书结构上讲，《九章算术》一般有“题”、“答”、“术”三个部分，这种以术统题的方法，逐渐形成了中国古代数学著作的一种基本形式。《九章算术》以后，中国古代数学著作主要采取两种模式，一种是以该书为楷模编写新的著作，一种是为该书作注。

提到为《九章算术》作注，就不能不提到刘徽。刘徽是我国古代一位非常杰出的数学家，生活在公元 3 世纪。由于《九章算术》产生年代较早，又非出自一人一世之手，所以也有着自身的缺欠。如文字简奥、部分内容抽象程度

不高，还有对问题只给出解法和答案，缺乏必要的解释和证明等。刘徽从幼年开始，就反复研究《九章算术》，后来他采集前人研究成果，并融入自己的数学心得，写成了《九章算术注》一书，对《九章算术》进行了全面的解释和论证。

刘徽是我国古代数学理论的奠基者。他在《九章算术注》的序中说：“事类相推，各有攸（所）归，故枝条虽分而同本干者，知发其一端而已。”意思是说有许多数学问题，表面上看不相同，但在理论上却有着共同的根源。这种逻辑推理思想，在中国古代数学发展中极为重要。在解释和论证数学问题时，他认为要“析理以辞，解体用图”，既要有语言论述，也要结合图形进行直观的证明。这种数与图结合的方法是中国古代数学证明的一种独特的方法。

刘徽注在数学史上的另一大贡献是用“割圆术”求得圆周率 π 值。中国古代很长一段时间 π 值取的是 3。刘徽认为这只是圆内接正六边形周长与直径的比率，是不正确的。他首先肯定圆内接正多边形的面积小于圆面积，而将边数屡次加倍后，面积也相应增大，边数越多，那么圆内接正多边形的面积就越接近圆面积。他写道：“割之弥细，所失弥少。割之又割，以至于不可割，则与圆合体而无所失矣。”这句话反映了刘徽的极限思想。从计算圆内接正六边形面积开始，刘徽依次计算圆内接正十二、二十四、四十八……一百九十二边形的面积，得到圆周率近似于 3.14。

据说他还不满意，又继续推算出 $\pi = \frac{3927}{1250}$ （相当于 3.141 6）

的数值，这是当时世界上圆周率的最佳数值。从理论上讲，利用刘徽注中的方法可以将圆周率计算得非常准确。研究者们一般认为，南朝祖冲之在《缀术》中将圆周率精确到8位有效数字，即3.141 592 6和3.141 592 7之间，就用了刘徽的方法。刘徽的方法奠定了我国圆周率计算在世界上领先千年的基础。

刘徽注对数学的贡献还有许多方面。如它发展了《九章算术》的率概念，定义率为“凡数相与者谓之率”，即数与数相互关联为率，并讨论了率的性质，用率理论论述了《九章算术》的大部分内容。书中认为今有术是普遍方法，九章中的许多问题的解法都可以归结到此术。今有术即比例方法，已知比例式中的三项求第四项。例如 $a : b = c : d$ ，已知 a 、 c 、 b ，则 $d = \frac{bc}{a}$ 。这种方法古代印度也有（三率法），但有关记载要晚于《九章算术》，16世纪该法由阿拉伯人传入欧洲，在商业上得到广泛应用，被誉为黄金法则。另外，刘徽注中对求弧田面积、圆锥体积、球体积、十进分数、解方程等问题，以及对分数性质的论述、正负数的定义等，都有独到的见解。

刘徽的注，修正了《九章算术》中的错误，发展了其中的数学理论，充实和完善了《九章算术》的数学体系，是所有为《九章算术》作注的著作中最重要的一部。

二 《数书九章》

南宋秦九韶撰写的《数书九章》是中国古代重要的数学著作，宋元数学高潮的代表作之一。

秦九韶（约 1202—约 1261）字道古，自称为鲁郡（今山东曲阜、兖州一带）人，生于普州安岳县（今四川安岳县），是南宋著名的数学家、天文学家。他 18 岁就当过义兵的首领，但后来在仕途上却历经曲折。秦九韶自幼聪明好学，而且兴趣广泛。他对于天文、音律、算术、营造等都有深入的研究，至于游戏、弓马、踢毽、剑术等，对他来讲也是驾轻就熟的。可以说秦九韶是一个不可多得的通才，这对于他以后博采众长、触类旁通，在数学上取得巨大成就，不能说没有影响。公元 1247 年，秦九韶总结了自己多年数学研究的心得，写成《数书九章》。

《数书九章》，又名《数术》、《数术大略》、《数学大略》、《数学九章》等，《数书九章》的书名是明代后期才出现的。至于原来的书名到现在还不能确定。该书写成后没有马上刊印，仅有抄本流传，明代将它分类辑入《永乐大典》，清代又从《永乐大典》中抄出，收入《四库全书》。另有一部自明文渊阁辗转传抄出的本子，经沈钦裴、宋景昌汇集各家注释并进行校勘，于清道光二十二年（1842）由上海郁松年刻入《宜稼堂丛书》，是最为流行的版本。

《数书九章》全书 81 问，分为九大类，每类各九问。九大类分别是：（1）大衍类，叙述“大衍求一术”并用之解决各种实际问题；（2）天时类，有关历法制定、天象测算、计算降雨降雪量等的数学问题，其中的天池盆是世界最早的雨量器；（3）田域类，是关于各种形状的田地面积的计算，反映了江南人民围海、围湖造田等活动；（4）测望类，讨论勾股测量，涉及测望山、水、城、塔和敌军的远近以及古迹的修复等问题；（5）赋役类，是关于田赋、户税问题的计算，反映了南宋赋税的实际情况；（6）钱谷类，是关于粮食转运和仓库容积问题，设计了由于南宋各地加大量器、增加田租造成器量混乱而带来的数学计算问题，还记载了南宋发行世界上最早的纸币会子及新旧会子的兑换情况；（7）营建类，解决的是工程施工中的数学计算，其中计造清台问是世界上现存最早的天文台设计图；（8）军旅类，是关于营盘布置、测算敌方人数，以及军需供应等方面的问题，这和当时宋金、宋元战事激烈有关，有为战争服务的目的，在古代算书中比较少见；（9）市易类，处理商业贸易和利息计算等问题，保存了许多南宋商品交易和相关政策的史料。

从《数书九章》的分类和内容上看，很明显，它受《九章算术》的影响是深刻的，与现实生活有着紧密的联系，反映了当时社会经济、文化、政治、科学技术等各种活动的一个侧面。秦九韶在本书的自序中曾说：数学“大则可以通神明，顺性命，小则可以经世务，类万物”，将数

学提到了极高的地位。但是，他将数学与世界本源联系起来，认为“数与道非二本也”，又说明他受到了当时理学思想和象数学的影响。

“大衍求一术”是秦九韶最得意的杰作，也是中国古代数学的一项伟大成就，因此秦九韶将它放在该书的首位是非常合适的。早在公元4世纪前，《孙子算经》中提出过这样一个问题，用现在的话说就是：有一个数，用3除它余2，用5除它余3，用7除它余2，求这个数。这就是著名的“孙子问题”，也是一个一次同余式组的问题。在中国古代历法中推算上元积年，也遇到了解同余式组的问题。对于这类问题，《孙子算经》给出的解法过于简略，而历法中也没有形成系统的算法，甚至误认为是线性方程组的解法。直到秦九韶的《数书九章》才首次比较系统地解决了这类问题。秦九韶方法的关键是用“奇数”和“定数”辗转相除及一整套计算程序，求出满足要求的“乘率”。因为计算“乘率”的辗转相除要直到最后余数为1时止，所以秦九韶把它称为“求一术”。在秦九韶的问题中，数据可以是整数，也可以是分数、小数，他都给出了相应的化解程序。总之，秦九韶在世界上第一次系统地解决了一次同余式组问题，而且计算步骤相当严密。过了500多年，欧洲的尤拉和高斯等人才对联立一次同余式进行了较为深入的研究。“大衍求一术”被介绍到西方后，引起了欧洲学者的高度重视。西方数学史家称这一定理为“中国剩余定理”，德国著名数学史家康托称赞发现这一算法的中国数学家是“最幸

运的天才”。

在该书的第二至九类，秦九韶使用了《九章算术》以来的许多数学方法，并有创造性发展，其中最重要的是求高次方程正根的正负开方术。在我国古代，解一般高次数字方程叫作“开方”，《九章算术》中就已经记载了开平方和开立方的方法，后来一般的二次方程和三次方程的数值解法，分别被称为“开带从平方”和“开带从立方”，就是因为它们都是从开平方和开立方的方法中推衍出来的。开方术在宋代取得了重大发展。首先是贾宪创造了“增乘开方法”，通过随乘随加的方法，可以求出高次方程的正根。12世纪刘益又引入负系数开方，方程的系数可正可负，取消了方程系数只允许为正整数的限制。到了南宋，秦九韶在《数书九章》中提出了“正负开方术”，也就是利用随乘随加逐步求出高次方程正根的一套完整的程序。在秦九韶的方法中，除因运算需要规定“实”（常数项）常为负之外，没有任何限制，是任意高次方程的一般解法，和现在求高次数字方程正根的方法基本一样。而现代算法是意大利人鲁斐尼在1804年和英国人霍纳在1819年提出的，也就是人们熟知的鲁斐尼—霍纳方法，比秦九韶晚了600多年。秦九韶还发挥了刘徽创造的继续开方计算“微数”的思想，开方到无理根时，用十进小数作无理根的近似值，这也是世界数学史上最早的贡献。

《数书九章》的数学成就还表现在更多方面。在方程术上，也就是线性方程组的解法上，它使用了互乘相消法，

即让两个方程的 x 项系数互乘各方程，用一次相减就可以达到消去 x 项的目的。这种方法免去了直除法连续相减的麻烦，和今天人们普遍应用的方法完全一样。该书中还将《九章算术》和《海岛算经》中的测望之术发扬光大，对勾股、重差问题有许多创造发明。特别值得一提的是“三斜求积公式”，即用三角形三边求面积的公式，它和西方的海伦公式是各自独立发明的，却又不谋而合。另外，《数书九章》中对自然数、分数、小数、负数都有专条论述，并有所发展，是研究中国古代记数法的重要资料。

《数书九章》的数学成就远远超过了在此之前的数学著作，仅就一次同余式组解法和高次方程数值解法两项来说，已代表了中世纪世界数学发展的主流与最高水平，是中国数学史上光彩夺目的一页。

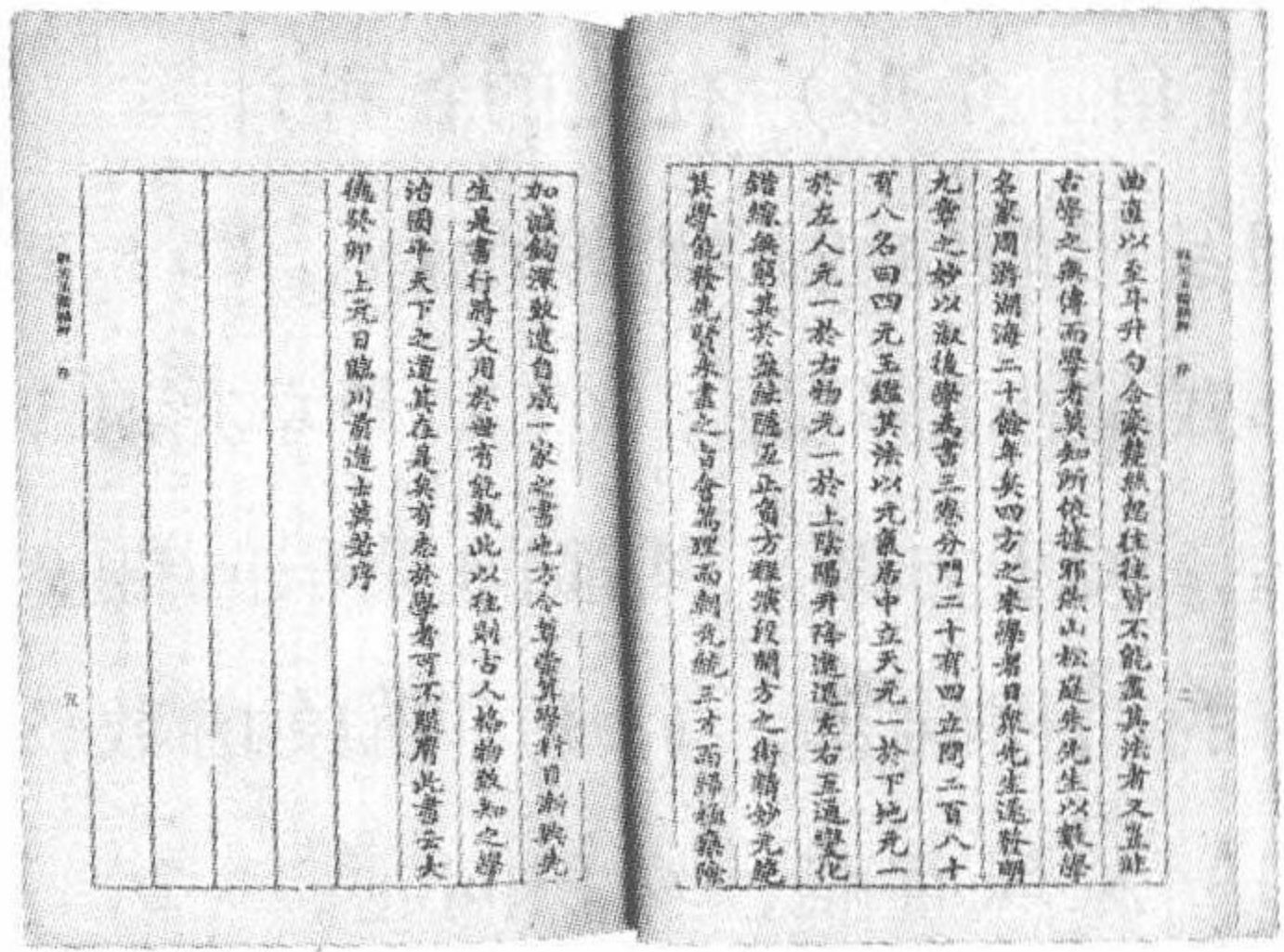
三 《四元玉鉴》

元代朱世杰著的《四元玉鉴》是宋元数学高潮的又一部代表作，在中国古代数学史上有着重要地位。

朱世杰（生卒年不详），字汉卿，自号松庭，家住燕山，也就是今天的北京附近。元朝统一中国后，结束了南北对峙的局面。朱世杰曾在全国各地周游 20 多年，一面进行数学研究，一面从事数学教育活动。通过长期和广泛的游历，他对南北数学研究所取得的成就都有深入的了解，

成为身兼两个数学中心之长的著名学者。当朱世杰游至扬州时，四面八方来向他学习的人日益增多。为了满足学员的要求，他便开始著书，以供学员们使用。公元1299年，他写成《算学启蒙》，由赵元镇刊刻印行。1303年，《四元玉鉴》完成，也由赵元镇刊印。

《四元玉鉴》全书3卷，共24门，288问。书首先给出4种图：古今开方会要之图，给出了增乘开方法的图示和九层八次方的贾宪三角；四元自乘演段之图、五



《四元玉鉴》

和自乘演段之图、五较自乘演段之图则是图示处理几何问题时立方程的各个步骤。四图之后是假令四草，给出了一气混元、两仪化元、三才运元、四象会元4个例题，分别阐述天元术、二元术、三元术、四元术的解题模式。这些图和例题都是为了举例发凡，是统御全书的纲纪。在全书其他各问中，朱世杰没有再记出任何一题的算草。这种写作形式在中国古代数学著作中是一种独特的创造。之后是各卷内容。上卷6门：（1）直段求源，关于勾、股、弦的计算问题；（2）混积问元，田亩面积问题；（3）端匹互隐，有关绫、罗等纺织品的各种计算；（4）廩粟回求，谷物容积问题；（5）商功修筑，工程建筑问题；（6）和分索引，

关于分数的各种运算。中卷 10 门：（1）如意混和，把性质不同的问题混和以增加问题难度；（2）方圆交错，有关方、圆的混合问题；（3）三率究圆，以古率 $\pi=3$ 、微率 $\frac{157}{50}$ 、密率 $\frac{22}{7}$ 计算有关圆与球的问题；（4）明积演段，与勾股形（直角三角形）有关的各种计算；（5）勾股测望，用勾股定理及相似勾股形测算距离；（6）或问歌象（tuàn），以诗歌形式给出的问题；（7）茭草形段，垛积问题；（8）箭积交参，关于方箭、圆箭的垛积问题；（9）拨换截田，截割田亩的面积问题；（10）如象招数，招差术问题。下卷 8 门：（1）果垛叠藏，垛积问题；（2）锁套吞容，相互交错的图形的面积计算；（3）方程正负，线性方程问题；（4）杂范类会，是各种杂题；（5）两仪合辙，关于勾股及面积的二元二次方程组；（6）左右逢元，关于勾股及面积的二元高次（三次以上）方程组；（7）三才变通，关于勾股问题的三元方程组；（8）四象朝元，关于勾股问题的四元方程组。

在《四元玉鉴》中，几乎所有问题都与方程或方程组有关，其中主要记载了朱世杰的伟大创造——四元术。我们知道，用解方程的方法解决实际问题，一般来说都需要两个步骤。首先是列出含有未知数的方程，然后才是解方程求出它的根来。列方程，古代称“造术”，这对于今天具备初等数学知识的人来说是轻车熟路，然而在天元术未出现以前，却并不简单。当时数学家们列方程只有借助文字

叙述，非常复杂。金元之际，北方出现了一批有关天元术的著作，李冶的《测圆海镜》是现存最早系统论述天元术的著作。所谓“天元术”，实际上是列方程的一种代数方法。天元术中“列天元一某某”，就是“设 x 为某某”的意思，方法是在筹算的一次项旁写上“元”字，或在常数项旁写上“太”字。天元术的出现解决了一元高次方程的列方程问题。据记载，李德载的《两仪群英集臻》和刘大鉴的《乾坤括囊》分别对二元术和三元术作了研究，但他们的著作都没有流传下来。流传至今并将其发展成四元术的是朱世杰的《四元玉鉴》。四元术用天、地、人、物四元表示四元高次方程组。它是在常数项右侧记一“太”字，天、地、人、物四元和它们的乘幂的系数分别列在“太”字的下、左、右、上，相邻二未知数和它们的乘幂的积的系数，记入相应的两行相交的位置上，不相邻的几个未知数的积的系数，记入相应的夹缝中。这实际上是多元高次方程组的分离系数表示法。朱世杰还创造出一套完整的消未知数方法，称为四元消法。通过逐次消元，最后得到只含一元的方程式，然后用增乘开方法求正根。虽然由于受到筹算的局限，朱世杰只达到四元高次方程，但这一成果却在世界上长期处于领先地位。直到 18 世纪法国数学家别朱才系统叙述了高次方程组消元法问题。

垛积招差术，即高阶等差级数求和，是《四元玉鉴》中的另一项重大成就。它们主要被记载于茭草形段、如象招差、果垛叠藏 3 门中。关于垛积的研究，最早的要算是沈

括，在《梦溪笔谈》中，他为计算用酒坛堆积的长方台的酒坛数，提出了一个新的计算公式——隙积术，其后杨辉又给出了三角垛、方垛、果子垛等公式，但这些公式实际上可以看成沈括隙积术的特例。到了朱世杰，垛积术的研究出现了全新的局面。《四元玉鉴》中的垛积公式共有三大类：（1）三角形，包括茭草垛、三角垛（或称茭草落一形垛）、三角撒星形垛（或称三角落一形垛）、三角撒星更落一形垛；（2）岚峰形，包括四角垛、岚峰形垛、三角岚峰形垛（或称岚峰更落一形垛）；（3）值钱形（垛积物的价格逐层递增或递减），包括茭草值钱正垛、茭草值钱反垛、三角值钱正垛、三角值钱反垛、四角值钱正垛、四角值钱反垛。三类中，三角形垛积公式是最基本的。由于朱世杰在书前的贾宪三角中增加了平行于两斜边的连线，再加上他用“落一”、“更落一”表示几种三角垛积的关系，所以，人们认为朱世杰已掌握了一般三角形垛的求和公式。同样道理，朱世杰也掌握一般岚峰形垛的求和公式，而第三类公式可以从前两类公式推导而出。

《四元玉鉴》中的招差问题和垛积问题互为表里，也是该书最精彩的部分之一。在朱世杰以前，招差问题是独立发展的一门知识，它和我国古代历法中计算天体运行有着密切关系。公元206年，刘洪在《乾象历》中首次提出用一次内插法计算月亮的变速运动，隋初刘焯《皇极历》中使用了二次内插法，到元代郭守敬等人已采用三次差分的内插法原理计算日月五星的运动。而朱世杰则将垛积和招

差联系起来，在世界上第一次给出了包括四次差的内插公式。书中明确指出，公式中的各项系数是三角垛的积。由于朱世杰已经掌握了三角形垛的构造规律，所以一般认为他已得到任意高次的内插法公式。在欧洲，直到 17 世纪格列高里、牛顿等人才取得同样的结果。

除了上述成就外，朱世杰的创造性工作还表现在几乎全书的每一门中。例如，他突破了有理式的限制，开始讨论无理方程。又如，在几何学上，他在传统的勾股和体积、面积计算的基础上，进一步研究了勾股形和圆形内各几何元素的关系，使得几何研究的对象由图形整体深入到图形内部，体现了数学思想的进步。

《四元玉鉴》写成的时候，社会上对算学十分尊崇，所以受到重视。明代以后，该书被人们所忽视，到了几乎失传的地步。清朝嘉庆年间，阮元在浙江访得《四元玉鉴》抄本，送交四库馆，后来何元锡将抄本刊印。该书重新刊印后，许多数学家对它进行过研究，其中以罗士琳的《四元玉鉴细草》影响最大，以后的许多版本都源于此书。

第四章

农 学

中国是世界农业的重要起源地之一。古史中关于神农氏始播百谷、发明耒耜等农具的传说，实际上告诉我们：在过去一个非常遥远的年代，我国的农业就产生和确立了。这个年代的确很早，河北磁山和河南新郑裴里冈等新石器时代遗址中发掘出的农业工具和谷物遗存向我们证明，我国的农业有近万年的发展史。

中国古代一直以农立国，古语常说“民以食为天”，因此历代对农业生产的发展都是十分重视的。商代甲骨文中，就有许多关于农事的卜辞，内容涉及农作物的生长、天气的晴雨、收成如何、粮食储藏等。其中出现了稻、禾、稷、粟、麦、来（大麦）等农作物名称，还有畴、疆、耨（圳）、井、圃等土地整治的文字，说明当时的农业已经达到相当高的水平了。周人的祖先后稷，传说是夏代的农官。他们很早就是一个经营农业的部落。从金文、《尚书》、《诗经》等古文献中的零星记载，我们知道周代在耕地整治、土壤改良、作物布局、良种选育、农时掌握、除虫除草等农业技术方面都有了初步发展，精耕细作技术已在其中萌芽。

春秋战国时期，铁犁和牛耕的出现，以及农田水利事业的发达，标志着我国传统农业的真正到来。当时的耕作制度已从休闲制向连种制过渡，深耕、熟耘技术逐渐普及，田间施肥日益受到重视，人们更加强调良种的选育并提出

了良种选育的标准；另外，当时对“农时”、“地宜”以及病虫害防治的认识也越来越深入。所有这些，说明我国传统农业的精耕细作的生产技术体系在这一时期已开始形成。随着农业生产技术的进步，我国的农学研究也开展起来。到战国时期，重农思想已经形成，并且深入人心。在诸子百家的著作中几乎都可以找到重农言论以及相关的农学知识的记述。当时形成的众多学派中，有一个学派被称为“农家”，是一个专门研究农业政策和农学知识的学术团体。我国最早的农学著作《神农》、《野老》等就是他们的作品。但是，这一时期的农学著作现在都已失传，我们所能见到的只有《吕氏春秋》中的《上农》、《任地》、《辩土》、《审时》4篇。《上农》专讲怎样以政治措施保证农民及时地从事农业生产操作，强调农业是政治安定的首要因素。《任地》指出了利用土地的原则。内容涉及水旱地利用、盐碱土改良、耕作保墒、防除杂草、株行距、植株健壮、产量和出米率、子粒品质等，至今仍是人们所关心的农业生产中最基本的问题；还讨论了正确处理土壤坚硬与柔和、休闲与连种、贫瘠与肥沃、紧密与疏松，潮湿与干燥等矛盾关系的原则，以及及时耕种的重要性。《辩土》和《审时》实际上是对《任地》所提出的问题做了具体回答，前者阐述了针对性质不同的土壤，如何在耕种时间上做不同安排，以及耕作不良、不及时和整地不得法的弊害，还谈到庄稼的合理布局对生长的影响；后者则论述了操作及时与不及时对作物各方面的影响，做了一个总结性的比较。《吕氏春

秋》中的这4篇合起来，已经是一套完整的农学论文，它们中的农本思想和相关政策，以及从天时、地利、人力几方面论述的一整套具体农业生产技术，已经形成了一个体系，成为中国传统农学的奠基石。

秦、汉、魏、晋、南北朝时期，黄河流域的农业生产虽然时常遭到战争的破坏，但仍在继续向前发展，是当时全国农业的先进地区。农业生产除粮食作物外，经济作物、园圃业、林业、畜牧业、蚕桑和渔业都获得了长足的进步，牛耕在西汉中期以后已普遍使用，并逐步推向全国；我国传统农具的许多重大发明，如耦犁、耨、耜、耨车、风扇、转磨、翻车等，都在这时出现了。到魏、晋、南北朝时期，北方旱地农业精耕细作技术体系已经形成，其具体表现是：在种植制度上形成了丰富多样的轮作倒茬方式；在耕作技术上则以抗旱保墒为中心，形成耕—耙—耨—压—锄相结合的耕作系统，并出现了“代田法”和“区田法”等特殊抗旱丰产方法；施肥改土更受重视，出现了穗选法和类似现代混合选种法等选种技术，并培育出许多适应不同栽培条件的品种。与农业发展相对应，这一时期，中国农学也进入了成熟阶段。据《汉书·艺文志》“农家类”载，西汉的农书有《董安国》、《汜胜之书》、《蔡葵》等。除此以外还有一些在当时不被视作农书的著作，如《相六畜》、《神农教田相土耕种》、《种树藏果相蚕》等，也应算作农书。整个汉代约有十几种农书，但大部分失传了，只有《汜胜之书》和东汉崔寔（shí）的《四民月令》的一些零星残篇通

过后世文献的引用保存到了今天。《汜胜之书》已具有完整的农学思想体系。书中总结了农业生产上及时耕作、土地的利用和改良、施肥、保墒灌溉、及时中耕除草、及时收获6个基本环节的理论和技术问题，将农作物栽培的全过程当作一个有机的整体加以研究；同时，又对粟、麦、大小豆等十几种农作物从选种、播种、田间管理、收获和贮藏等方面分别加以论述。这两方面相当于后世农书的农作物栽培的总论和分论。《汜胜之书》对农学的论述要比《吕氏春秋》中的4篇更为准确、深刻和丰富，它的出现是我国农学进入成熟阶段的一个重要标志。《四民月令》是按每年的12个月和节气的先后，安排应该进行的农事操作以及手工业和商业经营等事项。该书在农学上的贡献主要是开创了农书写作的一种比较好的新体裁，后世农家月令类型的农书都源于它。在《四民月令》完成近400年后，出现了《齐民要术》。其间也有一些关于畜牧和种植方面的著作，留传下来的有《竹谱》和《南方草木状》，但这些著作对于农学来说，远不及《齐民要术》重要。北魏贾思勰的《齐民要术》是我国现存最早和最完整的农学名著，是农学发展史上的一个里程碑。该书对公元6世纪以前北方旱地农业生产技术的总结和阐发全面、精到，对后世农书的写作有极大影响，因此为中外农史研究者所推崇。

此后的唐、宋、元时期，我国的农学得到了全面发展。这一时期的一个显著变化是南方农业的发展和全国经济重心的南移。从唐代中期开始，南方农业已表现出迅猛发展

的势头。唐代晚期南方水田已普遍使用先进的曲辕犁（又叫江东犁），元代又发明了中耕用的耘荡，于是形成了耕—耙—耖（chào）—耘—耱（tāng）相结合的水田耕作体系；还有秧田移栽、烤田、排灌、水旱轮作稻麦两熟复种制的逐渐普及，以及讲究的积肥和用肥、作物地方品种的大量涌现。这些技术成就，标志着南方水田精耕细作技术体系的形成和成熟。唐、宋、元时期农业发展的另一表现是农作物品种极大丰富。当时棉花已传入长江流域，油料作物更加多样化，种蔗和种茶已发展成农业生产的重要部门，蔬菜和果树种类大大增加，作为园艺业分支的花卉栽培也十分兴盛。另外，畜牧和渔业也有了巨大发展，如青、草、鲢、鳙“四大家鱼”的养殖以及将野生金鲫鱼培育成观赏的金鱼都出现于这一时期。这一时期的农学著作有以下几个特点：（1）著作的种类空前增多。据统计，从战国至唐以前的近 1400 年中的农书总计为 30 多种，而这一时期近 800 年中的农书总计则有 170 多种，增加了 4 倍半还多。（2）除了综合性农书继续发展外，专业性农书大量涌现，涉及蚕桑、茶、花卉、果树、蔬菜、农具、作物品种等各方面，占当时农书总数的一大半，反映了农学分科研究在这一时期，特别是宋、元时期十分发达。其中不少专业农书具有开创性和较高的学术价值。（3）出现了反映江南农业生产知识和南北兼顾的综合性农书，不少专业性农书也记述了南方作物。在唐代的农书中，武则天时撰写的《兆人本业》（686）是我国第一部官修农书（已佚）；陆羽的

《茶经》是我国也是世界上最早的茶叶专著；晚唐韩鄂的《四时纂要》兼采字书、综合性农书和农家月令书之所长，重视对农业生产技术的记述，如种茶树、种菌子、养蜂以及多种药用植物栽培的技术都是中国最早的记载；唐末陆龟蒙的《耒耜经》既是一部最早专论农具的书，也是首次涉及江南农事的著作；另外，唐代的《司牧安骥集》是我国现存最古老的兽医专著。宋代的统治者对农业生产相当重视，真宗年间曾令朝臣编撰了《授时要录》。类似的官修农书还有《大农孝经》、《本书》等，但都已散失。南宋陈旉（fú）的《陈旉农书》是现存最早反映江南农业生产的一部典型的地方性农书。该书从农业生产全局出发，农业经营和生产技术并重，突破了以前农书侧重耕作栽培技术的传统形式。另外，书中还第一次用专篇记述土地的利用、耕牛的饲养管理，并首次把蚕桑作为农书的重要部分来处理。南宋时还出现过一种描绘农业生产过程的《耕织图》，包括耕图 21 幅，织图 24 幅，每幅图附诗一首。该图虽已失传，但它以图配文的形式却对后来王桢《农书》和《天工开物》等著作有启发作用。除了以上几部农书外，宋代种类最多的是专业性农书，如蔡襄的《荔枝谱》、秦观的《蚕经》、陈玉仁的《菌谱》等，都是有关方面现存最早的专著；又如，韩彦直《桔录》是中国也是世界上第一部系统总结柑桔栽培技术的专著，陈翥（zhù）的《桐谱》也是中国 and 世界上最早的泡桐专著，二书都有着很高的学术价值。另外，宋代的花卉专著也很多，有 20 多种，著名的有

欧阳修《洛阳牡丹记》、王观《扬州芍药谱》、陈景沂《全芳备祖》、刘蒙《菊谱》、王贵学《兰谱》等，它们反映了宋代在花卉栽培上取得的重大成就。元朝虽然建国不足百年，但由于统治者大力提倡农业，并设置司农司推广和奖励农业生产，所以在短时间内却留下了三部较好的农书。第一部是《农桑辑要》，是我国现存最早的官修农书，是司农司所编。该书的特点是体系完备、资料丰富、规模较大、注重实用；蚕桑部分受到特别重视，约占全书1/3；书中大力提倡向黄河中下游地区推广苧（zhù）麻、棉花，除详述相关技术外，还对阻碍作物传播的唯风土论进行了批驳。《王桢农书》是元代第二部重要农书，它第一次兼论南北水旱田的农业生产技术知识，比以往农书更具有整体性和系统性。元代的第三部重要农书是维吾尔族鲁明善撰写的《农桑衣食撮要》，这是现存农家月令式农书中最好的一部。

明清时期，社会长期统一安定，有利于农业生产的发展。然而农业的发展大大促进了人口的增长，所以人多地少成为明代、特别是清代社会的一个重要问题。当时解决的办法主要有三个：一是千方百计开垦新地；二是引进推广新作物和高产作物；三是依靠精耕细作传统，提高土地利用率和单位面积产量。这些促使我国传统农业继续深入发展。意义特别深远的是在长江三角洲和珠江三角洲地区出现了堤塘综合利用的生产方式，它是现今“立体农业”或“生态农业”的先河。明、清时期，中国农书的种类和数量是历史上最多的，又因为距离今天时间比较近，也是

现存农书最多的。《中国农学书录》著录历代农书总计为 541 种，而明清时期就有 329 种，占 60%，即相当于以前 1000 多年农书总数的一倍半。明清时期有两部大型的综合性农书，一部是明末徐光启的《农政全书》；另一部《授时通考》，是乾隆皇帝下令编写的中国历史上最后一部大型综合性官修农书，但该书除了大规模汇编前人资料外，并无新颖之处。明清时期的专业农书向着种类更多、内容更专更细的方向发展，如《龙眼谱》、《水蜜桃谱》、《桑志》、《鸡谱》等，都是专记某一种动植物；又如专门讨论区田的著作就有《区田编》、《教稼书》等 10 多种。一些专业农书在学术史上有重要价值，如明代《元亨疗马集》为兽医经典；明黄省曾《养鱼经》是现存最早的养鱼专书；明朱橚（sù）《救荒本草》是最早的救荒植物专著；另外，《治蝗考》、《治蝗全书》等治蝗专书，在当时也有着重要的实用价值。这一时期地区性农书也很多，如《沈氏农书》（湖州）、《梭山农书》（江西奉新）、《齐民四术》（江淮）、《三农记》（四川）、《浦柳（mǎo）农咨》（江苏）、《马首农言》（山西新阳）等，这些农书对当时、当地的农业生产都有参考、指导的作用。

一 《齐民要术》

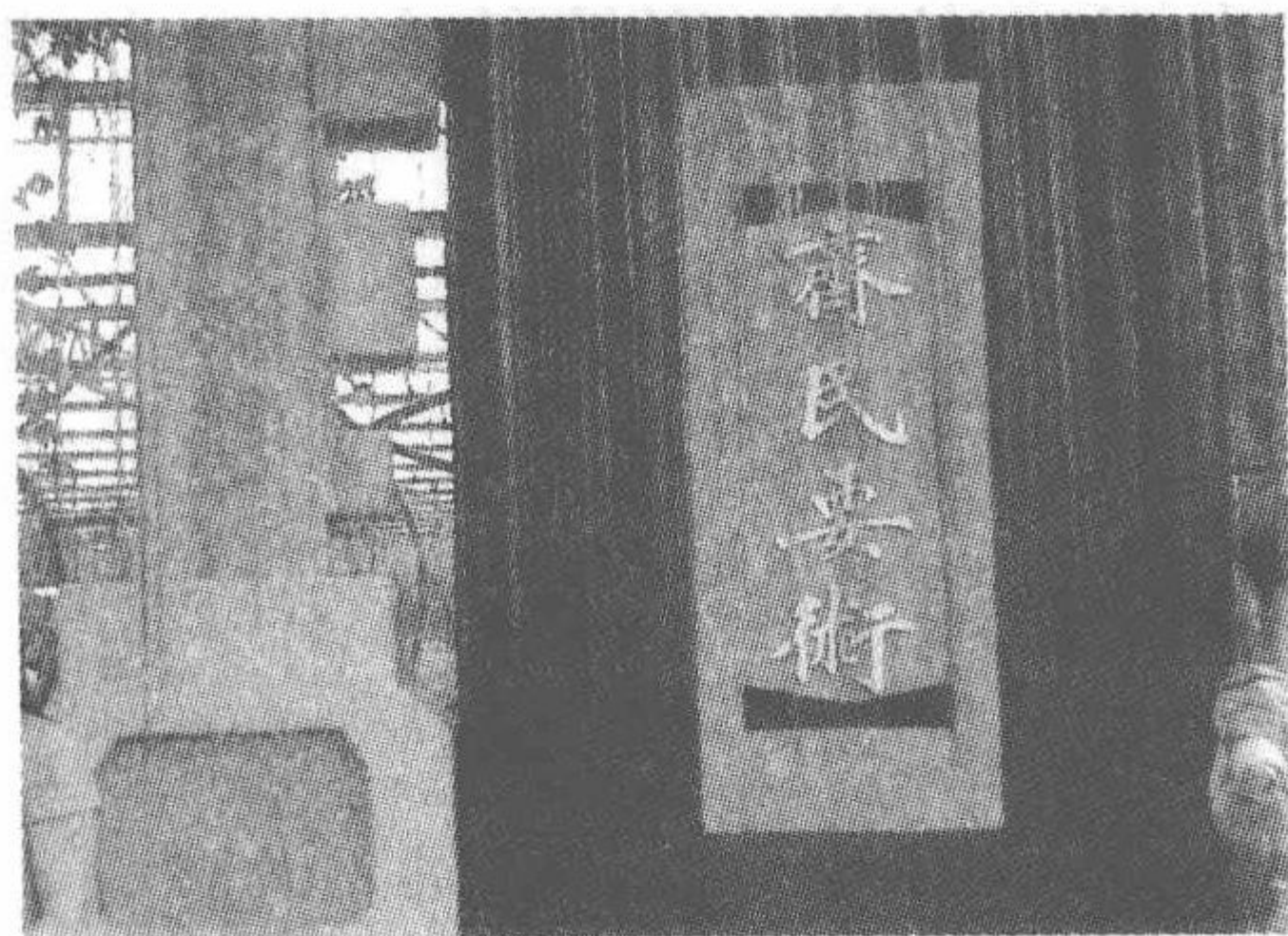
北魏贾思勰撰写的《齐民要术》是中国现存最古、最

完整的大型综合性农书，也是世界上第一部涉及多方面知识而被完整保存下来的农学巨著。贾思勰是山东益都人，曾做过高阳郡（今山东临淄县西北）太守。他是一位具有我国传统“农本思想”的地方官员，这一点从他写的这部农书的书名中就可以看出来。中国古代，统治者为了加强封建统治，将老百姓按与封建国家的关系编定户籍，叫“编户齐民”。《齐民要术》的意思就是老百姓谋生的主要方法。



贾思勰塑像

《齐民要术》全书 10 卷，共 92 篇。书首有贾思勰的自序。在序中，他首先列举了经史中许多教训和故事，说明农业生产的重要性，并指出他写本书的目的就是教育大众和家人务农的道理。其次，指出本书的资料来源，“采摭（jùn）经传，爰及歌谣，询之老成，验之行事”，即摘录古今书籍，搜集口头传说、民谣、谚语，访问有经验的老农，并亲身实验。现代研究证明，本书确实搜集了大量资料，其中谚语和歌谣有 30 多条，征引古代和当代著作 160 种。像《汜胜之书》、《四民月令》等北魏以前



《齐民要术》

农，并亲身实验。现代研究证明，本书确实搜集了大量资料，其中谚语和歌谣有 30 多条，征引古代和当代著作 160 种。像《汜胜之书》、《四民月令》等北魏以前

的农业科技资料都赖此书得以保存。按照贾思勰的设计，该书的内容从耕种操作起，到制造醋和酱，凡与农家生活有关的都要包括。因此全书内容为：卷一，垦荒、整地 1 篇，收种 1 篇，种谷 1 篇；卷二，各种粮食、纤维、油料作物的栽培种植 13 篇；卷三，蔬菜作物的栽培 14 篇，其中“杂说” 1 篇；卷四，木本植物栽培总论 2 篇，各种果树栽培共 14 篇；卷五，材用树木和染料植物等 11 篇；卷六，家畜、家禽和养鱼共 6 篇；卷七和卷八上半，酿造酒、酱、醋、豉等共 11 篇；卷八下半和卷九，食品加工、保存和烹调共 17 篇，另有制胶和制墨 2 篇；卷十，“五谷、果蓏（luò）、菜茹非中国物产者” 1 篇。

《齐民要术》在学术上的成就和贡献在于系统总结了公元 6 世纪北方旱地农业科技知识，特别着重总结了《汜胜之书》后北方关于精耕细作的新经验、新成就。因此，该书的出现实际上标志着北方旱地精耕细作体系的成熟。

贾思勰继承了我国农学注重天时、地利、人力三要素的传统。他在《齐民要术》中指出：“顺天时，量地利，则用力少而成功多。任情返性，劳而无获。”清楚地论述了我国古代因时制宜、因地制宜的先进农业生产思想。根据这一思想，书中把农业操作的时间，按照不同作物分为上、中、下三时，又将土地所宜分为上、中、下三等，认为同一种作物因地方的不同和时间的不同，播种也应有所不同。这是符合科学实际的。

《齐民要术》总结的主要是北方旱地耕作的经验。而北

方干旱少雨，如何平整土地，恰当地保持土壤的水分，也就是保墒，是保证农作物生长的重要一环。《齐民要术》提出了一系列精耕细作的技术原则。如强调秋耕的重要性，并认为初次耕地要深，再次耕地时要浅，耕地时要选择土壤湿度适当的时机等。又如耕地后把地耨（mò）平，中耕除草，可以防旱保墒，以及抢墒播种等经验，也是由贾思勰总结出来的。

为了合理地利用土地和改良土壤，达到“用地养地”的目的，我国很早就出现了换茬轮作、复种等耕作方法。轮作、复种，就是依据作物的不同特性，在同一块田中每年换种不同的作物。如种谷用瓜茬，是因为瓜地施肥多，尚有余力可资利用。麦接黍茬，或小豆接麦茬，可以充分利用两种作物生长期的前后衔接。《齐民要术》对这些方法进行了总结，指出哪些作物可以轮作，哪些不能，完善了一整套轮作法。在讨论轮作换种时，《齐民要术》提出了绿肥的运用。每年的五六月间，在田间密种绿豆、小豆、胡麻等，七八月时犁耕，将这些作物埋在土下，到来年春播时，这些作物就变成了肥料。轮作制是我们祖先的发明，公元6世纪西欧还只知道用轮换休耕的办法来恢复地力，而到18世纪20年代，英国才开始推行绿肥轮作制。

《齐民要术》对作物种子的选育非常重视，仅《种谷篇》中介绍的谷子的品种就有80多种。书中对各品种的品质和特点进行了细致的分析，如作物的成熟期、植株高度、产量、质量等。这些都是以前农书没有的。书中还介绍了

浸种、晒种和用药物拌种防治病虫害等选种和育种技术，有些技术在现代农业生产中仍在使用。

除了农业生产技术外，《齐民要术》还记录了许多其他方面的科学成果。在畜养方面，总结了相畜法（外形鉴定）和饲养管理、选种、育种等宝贵经验，是我国现存最早而且比较系统的畜牧科学文献。在兽医方面，收集了阉割法、直肠掏结术、兽医辨证论等，这些经验是我国及世界兽医学上的最早成就。由于贾思勰亲自观察农作物的生长情况和农副产品的加工过程，因此他的许多发现在生物学史上也是非常重要的。该书中介绍了雄麻和雌麻的不同特性，指出了花粉与结实之间的关系。在“制酱法”中，则明确了“黄衣”（即黄曲霉孢子）在制酱中的作用。他还发现了不同地理环境下作物产生的变异现象。如山西某地无大蒜，从河北引种后，蒜瓣细小而且多，不同于原种地的瓣大而少。贾思勰指出产生这种变化的原因是“土地之异”。

《齐民要术》内容丰富、资料多，记述详细。有人说它是“中国古代的农业百科全书”。在《齐民要术》产生后的1000多年，我国北方旱地农业生产技术的发展，基本上没有超出该书所指出的方向和范围。因此，它在我国农业发展史上具有里程碑的意义。

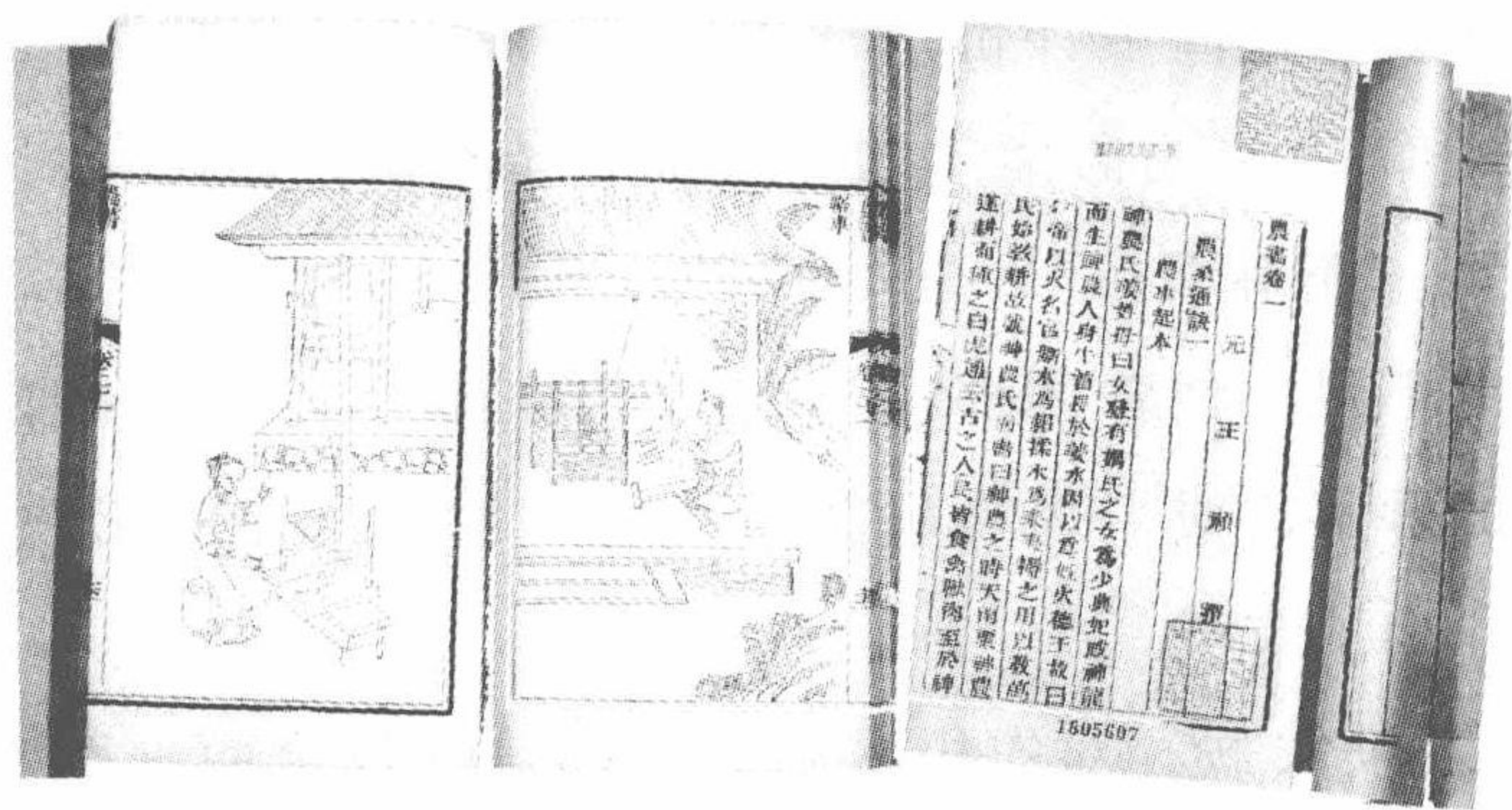
二 《王桢农书》

《王桢农书》是继《齐民要术》之后的又一部重要的大

型综合性农书。王桢，字伯善，元代东平（今山东东平）人，曾在宣州旌德（今安徽旌德县）和信州永丰（今江西广丰）当县官。王桢同样有着浓厚的农本思想，认为地方官有“劝导农桑”的责任。在任职期间，他对农业生产十分关心，广泛搜集和阅读历代农书和有关文献，还经常深入乡村进行实地观察，细心总结当地农民的生产经验。《王桢农书》就是在他做地方官时写成的。

《王桢农书》是中国农业科学技术史上第一部兼论南北，从全国范围总结农业生产经验的农书。分“农桑通诀”、“百谷谱”和“农器图谱”3部分，约11万字。“农桑通诀”，可以看作是农业科学的总论，从农业的起源，天时、地利和人力的应用，一直到农业生产的整个过程，以及蚕桑、畜牧等各个方面，每一个细节、每一个方面都有详细的论述。“百谷谱”，相当于农业各论，记载了各种作物的栽培、管理、收获、利用等技术和方法。王桢把栽种的植物先列出谷属、蓀属、蔬属、果属及竹木、杂类、饮食等类，属（类）下再分细目，具体叙述某种或几种栽培植物。这种写作方法对科学的农学分类体系的建立，作出了贡献。王桢还将被人们久已遗忘了的《齐民要术》中的“救荒”内容，扩充成一个专题——“救荒论”。这在古代天灾人祸、饥荒不断的年代，意义是十分重大的。“农器图谱”包括20门261目，展示了古代农业生产工具的卓越成就。以往的农书，除了《齐民要术》有“耕田”、“收种”两篇外，都是就各种农作物分论栽培种植各环节，而没有

概括的总论；至于详细的分类方法，就更没有了；而把农具列为综合性农书的重要组成部分，也是《王祯农书》的首创。因此，建立了较为完整的农学体系，是《王祯农书》超越前人的一大成就。



《王祯农书》

注重天时、地利、人力的综合运用，是我国农业发展的光荣传统，在《王祯农书》中更加突出了这一点。为了便于人们掌握农时，王祯绘制了一幅“授时指掌活法之图”，把星象、季节、节气、物候、农业生产程序，灵活巧妙地联成一体，指导人们合理安排农事活动。王祯特别说明，按月授时只是取“天地南北之中气”作标准，由于地理距离的远近、天气寒暖的差别，人们应根据当地的实际情况作出调整。王祯很注意在我国广大地域中各地区适宜的作物不同的特点，认为“九州之内，风气不同。凡物之种，各有所宜。”他曾编绘了一幅“地域图”，标注出各地土壤的差异和适宜种植的作物。王祯希望人们能根据这幅

图安排全国各地的种植。可惜该图后来失传了。用图标示农时、作业、土宜等，是王桢在农书中首开的范例。

棉花，我国古代称“木棉”，原来只在边远地区有少量种植。宋末元初，棉花开始向内地传播。王桢对棉花种植极为重视，他高度评价了棉花的推广种植以及在纺织加工方面的作用。“百谷谱”的“木棉”条中说：棉花有“不蚕而棉”、“不麻而布”、“又兼氍毹之用”的特点，可以弥补桑麻的不足。他曾用棉花从海南传到福建、陕西等地生长良好的事实，对“风土决定”说加以批驳，为棉花种植的推广作出了贡献。

《王桢农书》对农田水利的认识是比较全面、系统的。书中主张农田灌溉和航运、水力利用、水产等综合考虑，合理利用，并提出了兴修水利的条件和一些设想。在“农器图谱·灌溉门”中，介绍了多种灌溉工具的设计，并绘有图样。

“农器图谱”是《王桢农书》中的重点，也是这部书最具特色的部分。它的篇幅约占全书的80%。书中附图300余幅，其中绝大多数是农器。每件农器后附有图说和铭赞诗赋，说明该农器的构造和用途。“农器图谱”不仅包括了当时南北通行的农业生产工具，还描绘了当时处于世界先进水平的纺织机械、灌溉机械，甚至古代早已失传的机械，经过王桢的多方搜访、精心研究，也绘出了复原图。如西晋时发明的一牛转八磨，应用杠杆和齿轮传动，用力少而见功多，但久已失传。王桢通过研究复原，绘出了“连磨

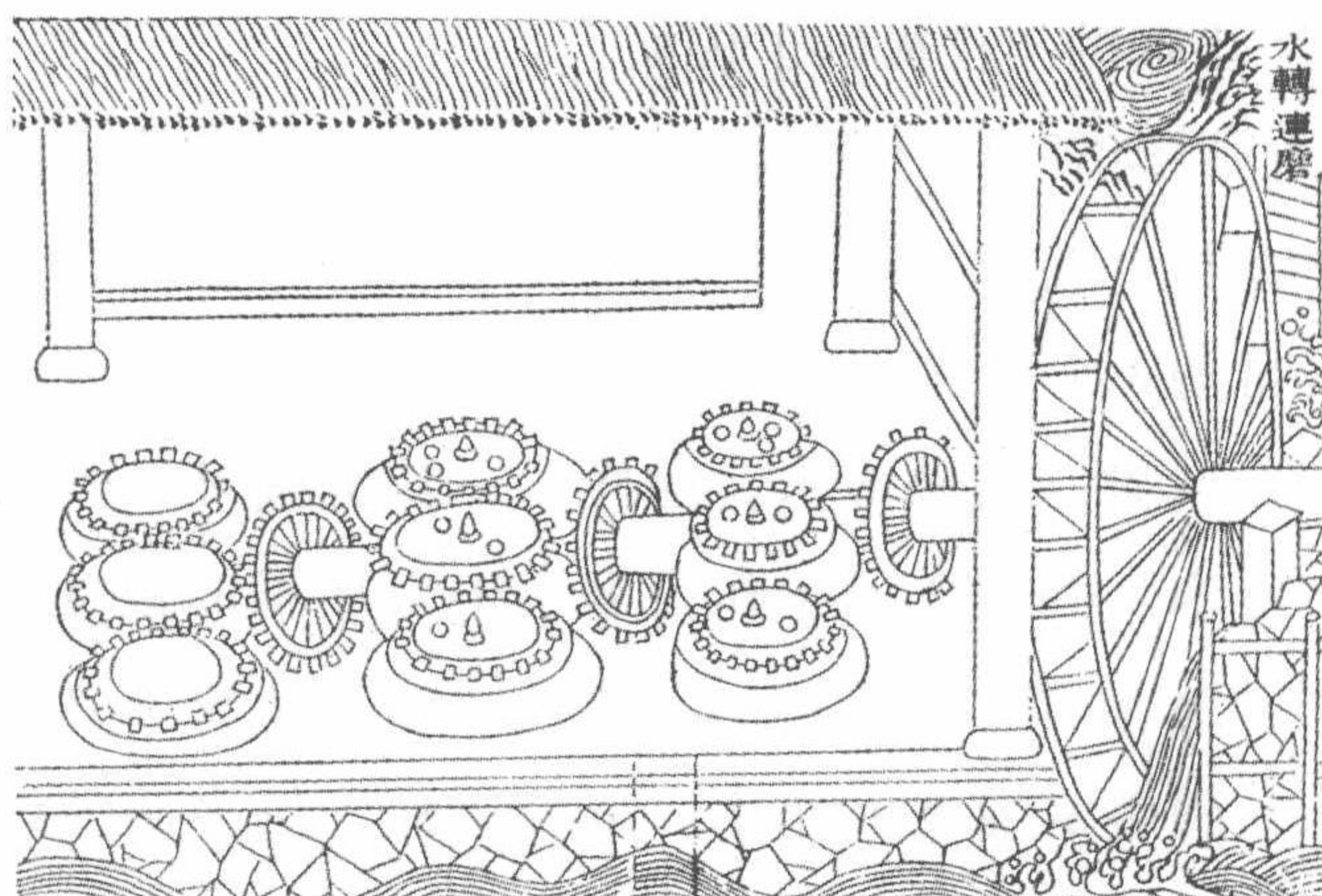
图”。又如东汉南阳太守杜诗，发明过一种用于冶炼的鼓风机械——水排，元代已不知它的制造方法。王桢不仅复原了“水排”，还用当时的“木扇”（简单的风箱）代替原来的皮袋，作鼓风装置，在技术上更为先进。同时也为我国“木扇”出现的年代提供了佐证。

“农器图谱”中还记载了王桢设计的一种称为“水转连磨”的机械。它用一个立式大水轮带动3个齿轮，每个齿轮又各带动3个盘磨，“三轮之力，互拨九磨”。轮下还可兼装几个水碓，用来舂米。这样，一套机械可以同时进行碾米、舂米、磨面3项工作，据说1天加工的粮食，可供1000户人家食用。干旱时节，只要在主轮上安上水筒，它就可以起到引水灌溉的作用。王桢这种一机多用的设计思想，具有相当高的科学技术价值。

“农器图谱”无论是在数量上还是在质量上都是空前的，它是我国现存最古、最全的农器图谱。明朝的《农政全书》、清代的《授时通考》，以及大型类书《古今图书集成》中的农器图，大部分取自《王桢农书》。

王桢的创造才华不仅表现在农业方面，而且体现在他对印刷术的贡献上。《王桢农书》中有篇杂录“造活字印书法”，记载了王桢发明的木活字和转轮排字架，是我国活字印刷术的宝贵文献之一。沈括《梦溪笔谈》记述毕昇发明泥活字时，曾说过之所以不使用木活字，是因为木材质地疏密不一致，沾上水膨胀后高低不平，而且排版后沾在字上的松脂、蜡、纸灰等不容易去掉。王桢克服了这些困难，

大规模地使用了木活字。王祯以后，木活字印书一直在我国流行。转轮排字架是一架可以转动的轮盘，将活字按音韵分类排布在轮盘上。排版时，人只需坐着转动轮盘，就可以找到要找的字。



水转连磨图

三 《农政全书》

明末徐光启撰写的《农政全书》是中国古代最大的一部农业百科全书。徐光启（1562—1633），字子先，号玄扈（hù），明代松江（今上海）人。他一生中多次担任高官，官至尚书、内阁大学士。徐光启是我国古代第一流的科学家，对农学、天文、历法、数学、测量、水利等方面都有突出贡献。他又是一位沟通中西文化的先行者，曾向意大利人利玛窦学习西方科学技术，并且最先翻译外国著



徐光启塑像

作，如《几何原本》等。作为一个政治家，中国传统的重农思想深深地影响着他，在他的科学研究活动中，农学是他用力最勤的学科之一。他曾经在

上海开辟小型试验园地，进行甘薯的引种和栽培实验，后来又两次利用病体的机会在天津试办水利和经营农事，有着丰富的农业经验。1621年，他开始专心研究总结古代农业文献，并进行各种栽培试验，写作《农政全书》。可惜直到他去世，这部农学巨著都还没有定稿。后来，江南名士陈子龙邀请一些人对这部书进行整理，于1639年刻印成书。

《农政全书》共60卷，约70万字。全书分12个项目，包括：农本（经史典故、各家杂论等）、田制、农事、水利、农器、树艺（谷物、蔬菜、果树）、蚕桑、蚕桑广（木棉、苧麻）、种植（经济作物）、牧养、制造（食品加工、房屋建造等）、荒政（备荒）。《农政全书》引用了古



《农政全书》

代农业文献达 200 多种，比《齐民要术》、《王祯农书》都要多，约占全书的 90%。但徐光启并不是照搬前人著作，而是经过精心挑选、剪裁，把它们归纳到一个完整的体系之中。在许多地方，他还写了夹注、旁注、评语或加了圈点，以表达自己的观点。同时他自己的许多农学著述也收入了这部著作中。

作为一个身居要职的政治家兼农学家，徐光启写作农书的角度和方法自然和前人有所差别。他的农书并不只是从农业生产技术方面进行一般性的总结，还就发展农业生产的政策、制度、实施措施等方面进行了论述。书名的“农政”一词，就表现了徐光启的深刻用心。屯垦、大规模的水利工程、备荒三项，不是一般的农业生产措施，但却是保证农业生产和农业劳动者生活安定必备的基础，而这些又不是无组织的农民自己可以办得到的事情。以前的大小农书，除《王祯农书》中曾小规模地谈过备荒外，从没有集中和系统地叙述过这三件事。徐光启把这三项突出地提了出来，成为《农政全书》的显著特色。

明朝末年，朝政衰败，军队腐朽，人民流离失所。徐光启看到这些现象，在《农政全书》中辑录了前人关于垦田的具体方法和实际经验，也介绍了自己的垦田实践，意图是针对当时严重存在的弃耕撂荒现象开列药方。尽管他提出的一些技术措施是合理的、可行的，但这些主张也只能是一些细枝末节的改良。当时的根本问题是大地主激烈的土地兼并，劳动人民极度贫困，不解决这个主要矛盾，

单是建议开垦荒地，是解决不了问题的。

徐光启十分重视水利方面的工作，认为兴修水利可防止旱灾和水灾，是充分发挥土地功能和粮食丰收的保证。在《农政全书》中，他系统总结了前人和自己的农田水利理论，其中尤其以他提出的用水五法最为重要。这五法是：（1）用水之源，就是利用泉水，分别说明了水源高于田地、低于田地、近于田地、远离田地等情况下，应采取什么方法加以利用；（2）用水之流，就是怎样利用河、塘、浦、泾、浜的各种水流的方法；（3）用水之渚（zhū），就是利用湖泊等积聚的水源；（4）用水之委，就是利用大海潮汐，以及岛屿、沙洲等地方对水的利用；（5）作原作渚以用水，就是凿井、挖塘、修水库等方法。《泰西水法》是徐光启和传教士共同翻译的一本介绍西方水利工程的书，在翻译的同时，他还请工匠制作器械，进行实验。这部译著也被收入《农政全书》，丰富了农田水利的内容。

徐光启非常注意备荒、救荒的问题，认为有备无患，人定胜天。该书中辑录了历代备荒、救荒的具体措施，并记入了他自己的研究成果。明初朱橚（sù）的《救荒本草》是我国最早的救荒专著，也是古代植物学的重要著作。徐光启将它全部收入《农政全书》。他曾亲自尝过《救荒本草》中的一些野菜、野果。

《农政全书》重视“农政”，但并没有因此而忽视具体的农业生产技术。书中不但收集了前人著作中的农业技术，而且总结了当时农业生产的新经验。明代，棉花的生产和

纺织技术已经有了很大发展。徐光启全面研究了棉花的品种、选种、种子贮藏和播种前处理、播种时期、间作套种、施肥技术，以及“摘心”等田间管理技术，提出了比较完整的棉花栽培技术理论。他将这些理论通俗地概括成14个字：“精拣核，早下种，深根短干，稀料肥壅（yōng）”。他看到当时北方盛产棉花，却要运到南方去织布，认为很不合理，认为北方应当发展棉纺织业。为了解决北方天气干燥，纺织中容易断线的问题，在书中他介绍了肃宁（在今河北省内）人在地窖内纺织，以保持空气湿度的方法，供人们参考。

徐光启非常热心推广高产作物和优良品种。甘薯当时传入我国不久，他亲自在田间种植，仔细观察，写成了《甘薯疏》，收入《农政全书》，提倡人们大量种植，用来备荒。《农政全书》中对许多新引入、新驯化的作物，都作了详细的记录。徐光启认为，“风土不宜”的说法是传播新品种、新技术的极大障碍。我国古代农书里的“风土说”，本来有因地制宜种植农作物的含义，是有一定科学道理的。但是如果把它作为教条，认为某种植物只能生长在某地，而没有种过的地方绝对不能种，就妨碍了农业生产的发展。他列举了棉花、颇棱（菠菜）等一批引种作物，并结合自己的实践，对“风土说”的保守思想进行了批驳。

为了消灭蝗灾，徐光启统计了我国历史上记载的蝗灾发生的时间和地点，总结规律，认为蝗灾多发生在谷

物成熟的五、六、七月，地点一般是湖泊沼泽、旱涝无常的地区。他还访问老农，研究蝗虫的产卵、变蛹、成虫和群集飞行的规律，成为我国古代详细描述蝗虫生活史的第一人。《农政全书》不但说明了蝗虫的危害和捕捉方法，而且指出，治蝗一定要发动群众，才能收到良好的效果。

《农政全书》全面总结了中国 2000 多年来农业科学的成果，还吸收了西方农业科学知识，是中国古代农学集大成之作，其科学性和实践意义都远超以前的同类著作，在农学史上占有重要地位。

第五章

中医学

中国医药学具有悠久的历史，它是我国人民几千年来与疾病斗争的智慧结晶。传说中，神农、黄帝被认为是我国医药的创始人。据说神农尝百草，了解药性，一天就中毒 70 多次。一天中毒 70 多次而不死，的确是个神话，但在神话的背后，反映的却是我们祖先认识药物的艰辛历程。这个神话中有一点是符合历史事实的，即先民们早期所使用的药物，确实是以草类居多，以至于我国整个古代一直将药物学叫作“本草学”。黄帝，今天被奉为我们中华民族的远祖。传说他和他的大臣歧伯、伯高、少俞、雷公等，都是医学高手，并且经常在一起讨论、研究医学问题，为中医的发展作出了贡献。神话传说虽然未必真有其事，但神农、黄帝所代表的，是我们祖先由蒙昧进入到文明的一个重要时代。所以，我国早期的医学著作，如《黄帝内经》、《神农本草经》等，多托名于黄帝、神农，其中就有着一份对祖先开创之功的仰慕之情。

在我国，关于医药的记载是从商代的甲骨文开始的。殷墟出土的 10 余万片甲骨文中，有 323 片与疾病有关，包括内、外、妇、儿等 20 多种疾病。西周至春秋，古文献中关于医药的记载逐渐增多。如《诗经》中就记有后世入药的植物 80 余种；《山海经》虽成书于战国，但其中的资料却由来已久，该书不仅所记的药物数量扩大到了 120 多种，

而且一般都和主治的疾病相联系，说明其功效和使用方法。在远古时代，医和巫是不分家的，即巫师不仅从事鬼神活动，而且兼管人间疾病的治疗。到西周时，巫与医已开始分立，出现了专职医生，并有了简单的分科，还建立了一套医疗制度。当时，“医师”总管医药事务，他不仅负责对医生的年终考评，而且有收集病例记录和报告的责任。专职医生的出现和医事制度的建立，为医学经验的积累和医疗水平的提高创造了条件。

春秋战国至两汉时期，我国古代医学得到了巨大发展，特别是对中医基础理论的建立来说，这是一个黄金时代。早在春秋晚期，一些著名的医学家就开始了古代医学经验和知识进行系统整理和总结的工作。据《左传》记载，秦国的医和曾把致病的原因归结为阴、阳、风、雨、晦、明六气。六气致病说是我国最早的病因理论。稍后的名医扁鹊（秦越人）在医疗活动中已使用望、闻、问、切的“四诊法”，这是后世中医诊断疾病的基本方法和手段。伴随着医学经验和知识的总结和整理，医学专著也开始出现。1973年，在长沙马王堆三号墓出土了大批竹简帛书，其中就有医书14种，包括经络、脉法、医方、养生、胎产各个方面的内容。这些医书产生的年代大致在春秋末期到秦汉之间。其中《足臂十一脉灸经》、《阴阳十一脉灸经》、《五十二病方》等，都是迄今发现最早的医学专著。除马王堆出土的医书外，这一时期产生的医学著作还有很多。据《汉书·艺文志》记载，在汉成帝河平三年（前26）侍医

李柱国校订政府收藏的医书时，就已有医经七家，216 卷，医方 11 家，274 卷。在众多的医书中，《黄帝内经》、《难经》、《神农本草经》、《伤寒杂病论》四部医书的产生，在中医药发展史上具有重要意义。《黄帝内经》成书于战国时代，该书引进了气、阴阳、五行学说，系统总结了古代的医学理论和治疗经验，奠定了中医学的理论基础，至今中医许多根本性的医学观点和理论原则仍以该书为依据。《难经》全称《黄帝八十一难经》，是西汉后期至东汉时的作品。该书以设难解疑的形式，从脉学、经络、脏腑、疾病、针灸、腧（shù）穴等方面，补充了《黄帝内经》的不足，完善了《黄帝内经》中的中医理论；特别是第一难中提出的“独取寸口”的诊脉法，千年以来，临床一直沿用，意义深远。《神农本草经》大约成书于西汉后期至东汉前期，是我国现存最早的药物学专著。书中共载药物 365 种，并根据药物的作用分为上、中、下三品，还提出了许多药物学的重要理论，如药物的君、臣、佐、使，药物的配和关系，以及药物的采集时间、炮制和贮藏等，从而为后世药物学的发展奠定了基础。《伤寒杂病论》为东汉张仲景所作，是我国现存最早的临床医学的巨著。该书论述了外感热病及其他杂病的辨证治疗方法，将理、法、方、药有机地结合起来，确立了辨证论治的理论原则，成为后世临床辨证论治的鼻祖。上述四部医学著作，被后世称为四大医学经典，它们的出现，标志着中医药学理论体系的形成。

两晋、南北朝至隋、唐、五代的 700 年间，中医药学以

前所未有的速度发展起来，具体表现是临床医学的各个学科以及药理学、方剂学等方面的研究出现了繁荣局面。之所以出现上述现象，主要原因是经常的战争和自然灾害，造成了大量的伤病人员，社会对医药的需求十分迫切，社会的需要又迫使各个政权的统治者不得不重视医药学的整理、总结和研究。从南北朝开始，医药官员的设置就不断增加，刘宋政权又设置了太医署和医学，开创了官办的医学教育；北魏政权还组织人员编写医药书籍，并向全国各地乃至乡村推广普及医药知识。另外，这一时期道教兴盛，炼丹服石之术在社会上风行，从另一个侧面推动了医药学的发展。医药学的发展，带来了医学著作的大量涌现。仅《隋书·经籍志》所载医书就达 256 部，合 4 510 卷。晋代的重要医书主要有 3 部，即王叔和的《脉经》、皇甫谧的《黄帝针灸甲乙经》和葛洪的《肘后备急方》。《脉经》是我国现存最早比较完整的脉学专著，书中总结了汉代以前脉诊的经验，将脉象分为 24 种，并论述了脉形、诊脉方法、脉象与脏腑关系、脉象阴阳的分辨以及妇人、小儿脉的辨识等。该书奠定了中医脉学诊断的基础，后世脉学虽有所发展，但基本上是在《脉经》基础上的发挥和演化。《黄帝针灸甲乙经》（简称《甲乙经》）是现存最早的针灸学专著，也是针灸学的经典著作，该书纠正了晋以前经穴混乱的现象，将穴位统一为单穴 49 个，双穴 300 个，共计 349 个穴位，并具体指明了针刺深度、留针时间和艾灸时间，以及针灸的适应症和禁忌症等，对后世的针灸学产生

了极大的影响。《肘后备急方》是东汉以来盛行的方书中最著名的一部，相当于现在的“急救手册”，因此书中选方务求简便、灵验，用药也多是易得、廉价之物，极适合穷乡贫户急病所用。该书首次记载了恙虫病和天花病，其用狂犬脑防治狂犬病的方法是中医免疫思想的萌芽。晋代及以后的南北朝时期，中医外科也很有发展。其原因，一是战争创伤极多，二是炼丹服石造成痈疽、背疮等多发症。当时关于这方面的医书很多，有近20种，但只有南齐龚庆宣的《刘涓子鬼遗方》留传下来，成为目前所见最早的外科专著。南北朝时期，在药物学的研究上取得了很大成就。首先是梁代陶弘景撰写了《神农本草经集注》，该书摒弃了《神农本草经》以上、中、下三品分类的方法，创立了以药物的来源和自然属性进行分类的新方法，全书药物730种，分为玉石、草木、虫兽、果、菜、米食和有名未用7类，后世的本草著作都是在此基础上发展起来的。刘宋时期，雷敫（xiào）编著了我国最早的药物炮制技术专著——《炮炙论》。原书已散佚，从后代所引的内容来看，其炮制方法和技术非常广泛，基本包括了中药炮制的主要方法。隋朝医家比较重视对病因、症候的研究，在这方面取得了很大成就。隋大业六年（610）太医博士巢元方等人奉命编撰的《诸病源候论》，是我国历史上第一部系统论述病因症候的专著。书中列症候1700余条，包括了内、外、妇、儿、五官等各科疾病的病因、病理和症状，其中有不少创见，如发现疥疮是由疥虫引起的，比欧洲要早1000多年，又如缝

合断肠和结扎血管的方法，也比欧洲分别早 500 至 800 年等。该书是我国历史上内容最丰富的探讨病因、病机的专著，反映了我国医学理论的发展和临症实践的提高。唐王朝对医学非常重视，中医学由此得到进一步发展。公元 659 年官修的《新修本草》收药 844 种，且图文并茂，是我国也是世界上由国家颁行的最早的一部药典。在此之后，又出现了《本草拾遗》、《食疗本草》、《海药本草》等本草著作，反映了唐代本草学研究的繁荣。唐代在临症医学上也取得了显著的成绩，出现了大量的方书，代表作是孙思邈的《千金方》和王焘的《外台秘要》。《千金方》是《千金要方》和《千金翼方》的简称，前者内容包括中医基础理论和临症各科的诊断、治疗、针灸、食治、预防、卫生等，并把妇科病和小儿护理放在重要地位；后者是前者的补充，内容包括本草、伤寒、中风、杂病等。该书以医方主治为纲，收载药方共计 6 500 多个，成为唐以前医方学的集大成者。另外，在药物学上，该书也取得了巨大成就，《千金方》收载当时药物 800 多种，对其中 200 多种药物的采集和炮制作了详细描述，还补充了许多治疗方法和外来医药知识。孙思邈也因为在药物方面的成就而被后人尊称“药王”。唐代还有一部重要的医学著作，那就是宇陀·元丹贡布编写的《四部医典》。该书内容丰富，既吸取了汉族的医学经验，又吸取了邻国印度的医学经验，从而形成了独特的藏医学体系，是中国传统医学中的一枝奇葩（pā）。

宋、辽、金、元时期，印刷术和造纸术的发展有力地

促进了医学的著述和传播。宋代的统治者也很重视医学，曾下令搜集民间所藏的医学典籍，还颁布了许多方书和本草药典。从宋代开始，文人开始加入到医学研究的行列中来，范仲淹有一句名言，即“不为良相，愿为良医”，所以文人懂医，成为一时风尚，这使得医学研究队伍的水平大大提高。由于上述原因，宋元时期的医学得到了全面发展。首先是本草学著作大量出现。宋政府下令编修的《开宝本草》收药物 983 种，其后的《嘉祐本草》所收药物已增至 1 082 种，后来苏颂又根据各地呈送的药草图，整理成《图经本草》。大约在哲宗元祐年间（1086—1094），四川成都一个医生唐慎微编写了一部《经史证类本草》，此书在本草学发展史中占有重要地位。该书收药物 1 700 多种，每药附图，并有单方 3 000 余首，方论 1 000 余首，内容之丰富，超越了以前历代的本草著作。这部著作后经宋政府几次修订，由官方颁布，成为《本草纲目》出现以前最好的本草著作。宋代的方书也很多，其中官修的方书就有《太平圣惠方》、《圣济总录》和《太平惠民和剂局方》，至于像《苏沈良方》（苏颂、沈括合著）等私家方书更多达 100 多种。宋元时期临床医学成就也很突出，特别是分科很细。如儿科专著有钱乙《小儿药证直诀》、陈文中的《小儿痘疹方论》等，妇科专著有陈自明的《妇人大全良方》等，外科专著有陈自明的《外科精义》等，五官科专著有《亡名氏经验眼药方》、《亡名氏咽喉口齿方论》等，解剖学专著有《五脏图》和《存真图》，法医学方面则有世界第一部法

医学专著——《洗冤集录》。在临床各科中，针灸学的发展值得注意。宋代王唯一的《铜人腧穴针灸图经》和元代滑寿的《十四经发挥》统一了以前各家对腧穴的不同说法，定周身腧穴为 651 个，成为后世针灸取穴的标准。宋元时期在医学理论上的重大成就是产生了金元四大医学流派。医学流派和医学争鸣的出现，反映了医学理论在历代经验积累的基础上，有了重大突破。如金朝刘完素通过研究“运气”学说，得出“火热”是导致疾病的主要病因，治疗上主张用寒凉药物，人称“寒凉派”，主要著作为《素问玄机原病式》、《素问病机气宜保命集》和《宣明论方》等；金代张从正则认为邪气是一切疾病产生的根源，非人身所固有，主张用汗、吐、下三法攻邪祛病，人称“攻邪派”，主要著作为《儒门事亲》；金元医家李杲（gǎo）提出脾胃是元气之源，“内伤脾胃，百病由生”，主张治病应以升举中气、温补脾胃为主，人称“补土派”（脾胃五行属土），著有《内外伤辨惑论》、《脾胃论》等；元代朱震亨认为人体是“阳常有余，阴常不足”，湿热相火耗伤真阴为病最多，治疗上主张用滋阴降火的方法，人称“滋阴派”，著作有《格致余论》、《局方发挥》等。金元四大家从不同的侧面继承并发展了《黄帝内经》的医学理论，使我国的医药学体系发展到新的高度。

明中叶资本主义萌芽，一批知识分子转向实学，再加上清初一些知识分子不愿仕清，由儒转医，大大加强了明清时期医学研究的力量，因而医学著作的数量急剧增加。

明清医家在个人著作中，更多地体现了理论和实践相结合的特点，如李时珍、王清任，以及温病学派的著作，都是在大量实践的基础上写出的。明清时期在医药学上有两大重要成就，一是药物学的大规模总结，一是温病学派的形成。明清两代不像宋代政府那样对本草书籍重视，只有明孝宗年间太医院编过一部《本草品汇精要》，收药物 1 815 种，但当时没有刊印，影响不大。然而民间对本草的研究却取得了巨大成就，其中李时珍的《本草纲目》收药物 1 892 种，分类合理，叙述详尽，资料丰富，是明末以前本草学研究的总结性著作，在国内外都产生了巨大影响。在《本草纲目》产生的前后，还有几部重要的本草著作，如明代兰茂的《滇南本草》是一部专门总结我国云南滇池地区药物和用药经验的地方性药物著作；清代赵学敏的《本草纲目拾遗》载药 921 种，其中《本草纲目》未收或记述不详者 716 种。温病，主要指急性发热性传染病，以及一些流行病、时令病等。张仲景以来的医家多以外感风寒（伤寒）诊治。明清两代，传染性疾病流行，临床实践中对温病有了更深刻的认识。此时兴起的温病学派认为急性热病是由于感受四时不同的温邪引起的，并逐步在病因、病理和治疗原则方面形成了一套独立于伤寒学说的比较完整的理论。早在洪武元年（1368）王履的《医经溯洄集》中就从病理学上明确指出温病与伤寒不同，从而开拓了认识传染病的新道路。明末的吴有性则在《温疫论》中对温病的病因、传染途径及相应的治疗方法进行了详细的讨论，特别是他

将诱发传染病和疔疮、痈疽、丹毒、发斑、痘疹等疾病的原因归结为“戾气”，并说明“戾气”是“从口鼻而入”，有着很高的科学价值。该书的出现，反映了我国传染病学革新，为温病学说的形成奠定了基础。清中叶，温病学说又有发展，出现了治疗温病四大家——叶桂、薛雪、吴塘、王士雄。叶桂被认为是温病学派的创始人，著有《温热论》，从理论上概括了外感温病的发病途径和传变，提出了“卫、气、营、血”四个病变发展阶段，以便更好地辨证论治。《温热论》后来被奉为温病学派的经典之作。在此之后，薛雪的《温热条辨》、吴塘的《温病条辨》、王士雄的《温热经纬》分别总结和发展了温病学说，并使之达到成熟阶段。明清时期在医学的其他方面也取得了很高的成就，留下了一些重要的医学著作，如《痘科金镜赋集解》、《种痘心法》等记载了我国人痘接种术的发明；《名医类案》集医家医案之大成，是医疗经验的宝库；《普济方》是网罗了明代以前各家处方的医方巨著；《针灸大全》、《针灸大成》是针灸学的总结性著作；《医林改错》是研究人体脏腑的重要的解剖学著作等。

大约在明末清初，西方医学开始传入我国，鸦片战争后，西方医学的传播更为广泛。当时一些人既通晓中医，又对西洋医学有着浓厚的兴趣，并将两者进行比较，试图将中西医结合起来。如罗定昌的《脏腑图说证治合璧》，唐容川的《中西汇通医经精义》，朱沛文的《华洋脏象约纂》等。可以说中西医相结合的道路从那时就开始了。

一 《黄帝内经》

《黄帝内经》简称《内经》，是我国现存最早的医学理论著作。全书并非一人一时之作，而是经许多年代由许多医学家的经验、心得和理论概括而成。一般认为，该书的主要内容完成于战国时期，后来传抄中又补充了一些后人的内容。



《黄帝内经》

《内经》全书 18 卷，分为《素问》（9 卷）和《灵枢》（9 卷）两部分，每个部分各 81 篇。书中内容是以黄帝同臣子歧伯、伯高、少俞、雷公等人问答讨论的形式进行论述。由于并非出于一人之手，所以各篇的编次比较散乱，字句文风不太一致，内容也有重复甚至矛盾的地方。总的说

来，《素问》内容偏重中医人体生理病理学、药物治疗学基本理论，论述了人体的发育规律、人与自然的相应关系、养生原则和方法、早期预防和治疗思想、阴阳五行学说、脏腑学说、各种疾病的治疗原则和方法等；《灵枢》则偏重于针灸理论、经络学说和人体解剖，论述了九针形质、用法、禁忌和人体经络循行、穴位，以及人体体表与内脏解剖、针灸方法与原则、体质类型等。《内经》对先秦的医学经验和知识进行了系统的总结和提高，形成了一整套中医学基础

理论。

阴阳和五行学说，是产生于春秋战国时的哲学思想。它用阴阳两个方面的对立统一和金、木、水、火、土五行的相生相克关系来说明自然界的运动规律和存在的普遍联系，是古代自发的唯物观和朴素的辩证思想。《内经》吸收、运用和发挥了这些学说，将它们与医学实践结合起来，建立了中医的整体观念。《内经》认为，人体阴阳的相对平衡和协调是维持正常生理活动的必备条件，如果失去这种相对的平衡和协调，人就会产生疾病。例如人体体表为阳，体内为阴；心、肝、脾、肺、肾五脏为阴，胃、大肠、小肠、膀胱、胆、三焦六腑为阳；那么对于疾病来说，热为阳盛，寒为阴盛。在脏腑方面，除了辨别阴阳外，还将其与五行对应起来，肺属金、肝属木、肾属水、心属火、脾属土，通过五行的生克关系，不难知道脏腑各器官的“利害”关系。《内经》还认为，外部世界也存在着阴阳和五行关系，而“人与天地相应”，因此四时季节的变化、地理环境、生活方式和心理情绪都对人体的状况产生影响。这样，在《内经》中，人体各器官之间，乃至人与自然之间，构成了一个既相互区别，又相互联系和作用的有机整体。那么，与之相对应，在医疗实践中则必须全面把握疾病与种种因素之间的复杂、微妙关系，采用不同的治疗方法和原则。整体观念是中医诊疗和分析病症的主要思想方法之一，它贯穿《内经》的脏腑、经络、解剖和治疗等各个方面。

脏腑、经络学说是中医用来说明生理和病理的重要理

论。《内经》中对这一理论的叙述已经比较系统和全面。五脏，指心、肝、脾、肺、肾；六腑，指胃、小肠、大肠、膀胱、胆和三焦^①。《内经》中的五脏六腑与现代医学的解剖概念不完全相同，它更着重于机体的功能。它认为五脏的功能是容纳人体精气，六腑的功能则是消化运行。经络，是人体气血运行的道路，干线叫经，分支叫络。《内经》把人体经络分为十二经脉，另有奇经八脉等运行通道。经络将人体的各个部分，从表里上下脏腑器官联系沟通为一个统一的整体。《内经》叙述时提到，饮食经过胃和消化系统的吸收，其中水谷的精微之气，散之于肝，精气的浓浊部分，上至于心。《内经》还指出，“心主身之血脉”，“经脉流行不止，环周不休”，“经脉者，所以行血气而营阴阳”，“内溉五脏，外濡（滋润）腠（còu）理（肌肤）”。这些叙述表达了《内经》对人体生理活动的整体认识，其中心脏和血脉的关系，以及血液循环的描述，在世界上都是较早的。公元前4世纪希腊的希波克拉底还不知道血液是流动的，而西方血液循环理论的提出则要晚至17世纪。

《内经》中已经有了许多解剖知识。《灵枢》中指出，人体体表的解剖部位，可以通过度量予以确定，而内脏的解剖，就要在死后切开胸腹进行观察。《内经》中记载的人体骨骼，血脉长度，内脏器官的大小、容量等，虽然不很

① 三焦是哪一个实体，古代就有争论。现在认为三焦并不是一个脏器，而是水、气的运化场所，位置在胸腹之间。

准确，但基本上是符合实际情况的。解剖实践加深了人们对人体结构、功能及其联系的了解，为医学理论的建立提供了依据。

关于致病因素和病理变化的机制，《内经》中有丰富的论述。《内经》把引起疾病的风、热、燥、湿、寒等外来因素称为“邪气”，认为人体正气旺盛，邪气不容易伤害人体，而当人体相当虚弱的时候，邪气才能引起疾病。《内经》中还提出身心统一的观点，认为精神因素和身体状况是相互影响的，喜、怒、悲、恐、思等情绪变化的根源在于脏腑功能，反过来又影响脏腑功能的发挥。《内经》中还论述了地理环境、气候等自然条件对疾病发生所起的作用，认为不同的地理环境，人们的生活习惯不同，所患的疾病也各有特点。《内经》中已开始按五脏、六腑、筋、肉、经脉、骨、肌等对疾病进行分类。书中记载和分析了 44 类 311 种临床病症，包括许多常见病。对疾病进行分类是医学科学的基础工作，《内经》的记叙，为后世深入研究病症，提供了极有价值的临床参考资料。

对于疾病的诊断，早在公元前 5 世纪，扁鹊已开始运用切脉结合望诊诊断疾病。到了《内经》时代，又予以归纳、总结，并有所补充和发展。《内经》称搏动的血管为“动脉”，它谈切脉，除了目前仍然沿用的两手腕部的桡（ráo）动脉外，还记载了头面部的颞颥（niè rú）动脉和下肢的胫前动脉，作为人体体表的 3 个切脉部位。脉诊是我国古代医学家长期实践的总结。脉学后来传到日本、朝鲜、阿拉伯、

欧洲，对世界医学作出了贡献。至于望诊，《内经》中经验更丰富，内容也趋于完善。书中还特别强调切脉和望诊等方法的互相结合运用，以防止诊断的片面性。

在疾病的治疗上，《内经》中精辟地分析了“治病必求于本”的道理，并论述了在临床上如何掌握治标、治本的问题。在具体治疗中，《内经》运用了内服、外治、针灸、按摩、导引等多种治法。其中对针刺疗法的记载最多，如器材的准备、穴道的分布、持针的法则、泻补的技巧、针刺的剂量和禁忌等，都有较详细的论述，直到今天仍有重大意义。值得一提的是，《内经》中有腹腔穿刺术治疗腹水病症的详细记录，反映了我国古代医家的聪明才智和医疗水平。

《内经》中特别强调了“治未病”，也就是以防病为主的医疗思想。书中指出，如果一个人病乱已成，再吃药治疗，就像口渴了才想起打一口井，不是晚了吗？《内经》认为一位高明的医师必须预防疾病于未发生之前，或至少应当在疾病刚刚形成之时就能加以控制，不使发展到难治的地步。为了预防疾病，书中提出了适应四时气候变化、保持饮食起居卫生、节制性欲、培养健康的精神状态等方法，都是切实可行的，为养生学的发展作出了贡献。

《黄帝内经》在医学理论方面取得的成就，奠定了中医学理论的基础，其影响是深远的。历史上许多人对这本书进行了大量的研究和注释工作，到今天仍是我们学习和研究中医学理论的必读之书。该书的部分内容还被翻译成日、

德、英、法等多种文字，是欧美各国研究中国医学的重要文献。

二 《伤寒杂病论》

东汉张仲景所著的《伤寒杂病论》是我国第一部临床辨证论治的专著。张仲景名机，仲景是他的字，今河南南阳人。东汉末年，政治极端黑暗，军阀混战，灾荒不断，再加上疫病流行，给人民带来了深重的苦难。“白骨露于野，千里无鸡鸣”，就是当时凄凉景象的写照。张仲景就生活在这样一个年代里。据说他的家族 200 多人，10 年中染疫而死的竟达 $\frac{2}{3}$ ，其中患“伤寒”死的又占了 $\frac{7}{10}$ 。张仲景目睹人民的贫病交加，又为亲人的去世感到万分悲痛，于是立志研究医学。张仲景对当时庸医误人和迷信鬼神巫术的现象十分痛恨。他认为，要战胜疾病，只有给人们提供有效的治疗方法。为了实现这一目的，他一方面“勤求古训”，刻苦攻读《素问》、《九卷》、《难经》、《阴阳大论》等医学典籍，吸取前人的宝贵遗产；同时“博采众方”，向当时的名医学习，广泛搜集民间流传的经验药方，并在临



张仲景画像

床实践中加以检验。经过几十年的艰苦努力，终于在他晚年完成了《伤寒杂病论》这一医学巨著。



《伤寒杂病论》

《伤寒杂病论》分“伤寒论”和“杂病论”两部分，但由于战乱不休，成书后不久就散失了。晋代医学家王叔和对该书曾进行过收集整理，《伤寒论》就

是他整理的，但这部书没有杂病部分，可能是由于散失不传。北宋时期，翰林学士王洙在皇家藏书阁中发现一部分蠹简，考订其主要内容是《伤寒杂病论》。稍后，校正医书局的孙奇、林亿等将其重新整理编校，因论伤寒部分已有王叔和整理的《伤寒论》行世，故只选取了论杂病为主的内容，称为《金匱玉函要略方》，简称《金匱要略》。于是，《伤寒杂病论》被正式分为《伤寒论》和《金匱要略》两部著作。

《伤寒论》10卷，22篇，397法，113方，专门论述伤寒的辨证与治疗。“伤寒”一词不同于现代医学病名中由伤寒杆菌引起的“伤寒”，它泛指一切受外来“寒邪”侵袭而引发的热病，包括一些急性传染病等。张仲景运用望、闻、问、切四种诊断方法对伤寒病症进行了分析、研究。在《伤寒论》中，他根据伤寒病的各种症状、人身体的强弱和疾病发展的不同阶段，将其归纳为太阳、阳明、少阳三阳

病和太阴、少阴、厥阴三阴病共六大类。书中指出了每一类病候的基本症状和脉象，作为辨证的依据，并从疾病的发展过程中辨别病理变化，掌握病症的实质。这就是“六经辨证”。《伤寒论》中还提出阴、阳、表、里、寒、热、虚、实八种辨证方法，后世称为“八纲”，它是辨证论治的具体应用的法则。八纲中阴、阳作为总纲。因为我国古代医学认为，一切疾病都是因为阴阳偏盛或偏衰所致，所以诊病必须分清疾病的阴阳，以及判断它属三阴、三阳的哪一种类型。在此基础上，还要分清疾病部位的深浅（表里）、疾病性质的寒热、邪正的消长盛衰（虚实），然后才能作出诊断。八纲和六经辨证的关系十分密切，是临床辨证论治的基础理论。这一理论使许多复杂疾病的分析和归纳都非常系统、清晰，让人容易掌握。

《伤寒论》还总结出一套治疗原则和治疗方法，也就是在辨证基础上的“论治”。书中把治疗原则分为驱邪和扶正两大方面，认为一些发病急剧、人体还消耗不大的疾病，如三阳病，应当以驱邪为主，迅速消除病灶；而对一些发病缓慢或病程长久、体力消耗比较大的疾病，如三阴病，就要采用扶正的方法，恢复病人的抗病能力，调动人体本身的积极因素。除此以外，书中又提出了“随证施治”的原则，主张“缓则治其本，急则治其标”，把严格的规律性和必要的灵活性结合起来。在治疗方法上，《伤寒论》使用了汗、吐、下、和等方法。汗法是用药物使人发汗，排出体内病邪；吐法是使病人呕吐，将胸腹中的毒物和宿食清

除；下法是用药使病人把肠胃中的病毒排泻出来；和法是用药物和解体内病毒。书中指出，这些方法要根据病人的具体情况慎重选用，不能乱来。对于在什么情况下选用什么方法，《伤寒论》中都作了详细说明。

《金匱要略》共3卷，25篇，262方。其首篇“脏腑经络先后病脉证篇”为全书总纲，论述病因、诊断、治疗和预防的一般理论和原则，以下各篇分述内科、外科、妇科、杂疗、食物禁忌等。该书与《伤寒论》的主要不同处在于它主要是论述内科杂病，因此以脏腑病机指导辨证。但两书在辨证论治的总精神上是一致的。

张仲景在中医方剂学上也取得了很高的成就。《伤寒论》和《金匱要略》共载药方300多个，使用药物200多种。张仲景大胆创新，调制了不少新的复合方剂，大大发展了方剂学。《伤寒杂病论》中的药方，大都有用药灵活和疗效显著的特点；对每一味药的应用都比较明确、谨慎，并指出了药物相互配合和增减的基本原则；对药物的煎法、服法、禁忌也都作了详细的规定。为了使药物便于吸收，充分发挥作用，张仲景使用了多种剂型，并对一些传统剂型进行了改造。《伤寒杂病论》所载的药物剂型就有汤剂、丸剂、散剂、酒剂、洗剂、浴剂、薰剂、滴耳剂、灌鼻剂、膏剂、栓剂、灌肠剂等，扩大了药物的使用范围。后世许多医家称《伤寒杂病论》中的药方为“众方之祖”，或称它们为“经方”。现在中医临床上不少常用方剂都是由它们加减变化而来的。

《伤寒杂病论》系统总结了汉代以前的医学理论和临床经验，奠定了中医辨证施治的基本原则，创制了众多疗效可靠的方剂，成为中国传统医学最重要的经典著作之一。而它的作者张仲景也由于在医学上的杰出成就，被后世尊为“医圣”。1700 多年来，《伤寒杂病论》不仅为中国历代医家所推崇，而且还流传到日本、朝鲜，产生了很大影响。直到今天，人们还在对它进行研究。

三 《本草纲目》

明末李时珍所著的《本草纲目》是我国古代药物学的集大成者，被誉为“东方医学巨典”，对我国乃至世界医药学的发展都有着巨大贡献。李时珍（1518—1593）字东璧，晚年号濒湖山人，湖北蕲（qí）春县人。他的祖父和父亲都是医生。李时珍幼时常随父兄一起到山中采药，听父亲讲解草药，因此获得了许多药物学知识。他在三次参加举人考试失败后，决心放弃科举的途径，立志研究医学。由于李时珍的医名遍及大江南北，于是在 1551 年楚王府聘他掌管良医所，后又被推荐任太医院院判。但是，他认为在太医院工作，难以达到济世救人的目的。于是任职一年后，李时珍便托病回家了。

在长期的医疗实践和大量阅读古代医学文献的过程中，李时珍发现前人的本草著作存在的问题很多，如分类不详、

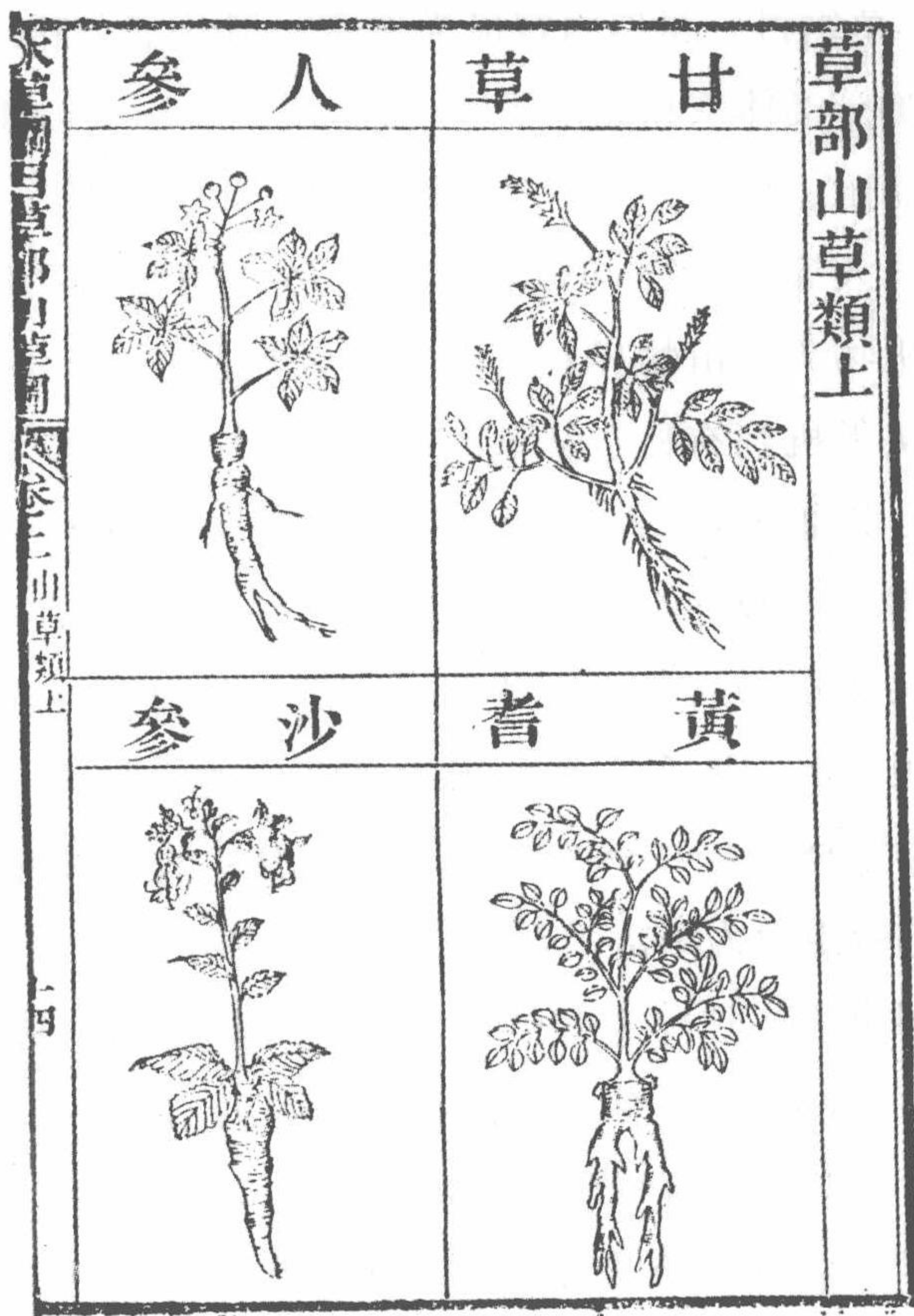


李时珍

名目错乱，以及新发现的药物没有著录等。由此，他萌发了重修本草的决心。从1552年开始，他经常头戴斗笠，身背竹筐，亲自到许多产药的地方访问，采集标本，描绘图像。他还查阅了800多种有关图书。经过30多年的呕心沥血，三次大的修改，李时珍终于完成了《本草纲

目》这部药理学巨著。这部书在李时珍晚年开始雕版，但没有等到出版，他便去世了。

《本草纲目》共52卷，190多万字，是一部鸿篇巨著。李时珍分析了前人撰写本草著作的得失经验和古今药物利用的兴废规律，提出了“不厌详悉”的编写原则。他汇集了历代本草著作，对其中的药物重新加以整理，去粗取精，删除重复，合并种类，收入《本草纲目》的有1518种。同时他又深入民间，采访四方，增补了374种前人没有收录的药物。《本草纲目》共收药物1892种，成为历代本草中载药最多的一家。该书还继承了《新修本草》首创的描绘药图的成功经验，绘有药图1160幅，同时注意了描绘药图特征的准确性，为后人认识、采集和鉴别药物提供了方便。李时珍还非常重视药方的收集工作。《本草纲目》附录药方11096首，几乎包括了所有医学典籍中的经验良方。因此，



《本草綱目》草部山草圖

本書不僅集本草之大成，也是醫方的全書。這種以藥帶方，以方附藥的方式，既證實了藥物的功效，又加深了對藥物的認識，集中了臨床經驗，大大提高了本草的實用價值。另外，經史子集各種古書中有關醫藥的資料，《本草綱目》也在考證、分析的基礎上加以採納，使本草的內容更為豐富。

《本草纲目》虽然内容极为丰富，但并不杂乱，这要归功于它的分类体系和编排体例。《本草纲目》中将药物分为水、火、土、金石、草、谷、菜、果、木、服器、虫、鳞、介、兽、人等 16 部。可以看出，这 16 部明显地将自然界分成了无机物界、植物界和动物界三大层次，它的次序体现了自然从无机到有机、从低级向高级、从简单到复杂的发展规律。各部之下，李时珍又进行分类，如草部下分山草、芳草、隰草、蔓草、毒草、水草、石草、苔草、杂草等。各部总共又分 60 类。《本草纲目》分类的科学性在当时世界上是领先的，许多方面与现代科学分类相吻合。它比西方生物学家林奈在 1735 年出版的《自然系统》要早一个半世纪，内容也更为丰富，有的分类也更详明。

在解说药物时，《本草纲目》在每种药物下标一个总名，作为该种药物的纲，下面又分列栏目，其中：

释名 列举该药通常的名称和别名，并说明其由来等。

集解 说明该药的产地、形状、性质、特点，以及对类似药物的鉴别等。

气味 指出其甘、苦、寒、热、温、凉、平、咸、淡、辛、酸、有毒、无毒等特性。

正误 对该药进行辨释，如有错误则予以纠正。

修治 介绍把原料加工成药物的方法。

主治 列举该药的主治功能及所根据的药书出处。

发明 叙述该药使用的源流并进行理论上的探讨。

附方 附录使用该药的新、旧药方。

这种结构和体例条理分明，便于检索，切合实用。

《本草纲目》从文献考证和实际调查入手，对前人本草中的疑难问题和错误，进行了大量的辨别和订正工作。如《神农本草经》中说穿山甲以蚂蚁为食。李时珍亲自做了解剖，在穿山甲胃里发现了大量蚂蚁，证明它确是食蚁动物。又如，以往的本草书中，对萍、苹、莼（chún）、荇（xìng）四种水生植物的具体区别都没有讲清楚。李时珍通过向农夫请教，终于弄清了它们的区别。在《本草纲目》中，李时珍还对炼丹服石以求长生不老的神仙术进行了坚决的批判，指出它们不足信，是“邪说”。这些证明李时珍的医药学研究态度严谨，思想进步。他还对许多不能解决的问题存疑，不盲目下结论。

《本草纲目》对医学研究也作出了贡献，书中记载了一些宝贵的医学史料。如首次记录了铅中毒、汞中毒、一氧化碳中毒、肝吸虫等病症；首次记录的医疗技术有冰块冷敷退热、蒸汽消毒等。李时珍还创造性地提出了“脑为元神之府”的观点，认为脑是精神意识的聚集之处，与现代医学基本一致。

《本草纲目》对现代医药学的研究有很大参考价值。书中所载的药物和药方，许多至今仍在广泛使用，而且已被科学证明是正确的。现代中药研究工作者，常从《本草纲目》中得到启迪，发掘出新药。例如，治夜盲症的羊肠、胡桃，治哮喘的麻黄，治杆菌性痢疾的马齿苋等的药理和疗效的发现，都是从《本草纲目》中得到

线索的。

《本草纲目》不仅对医药学的研究有重要价值，而且对化学、生物学、矿物学、冶金、地质和物候学等多种学科也具有重要的价值和作用。如在制药中，记载了蒸馏、蒸发、升华、风化、沉淀、干燥等化学反应和方法。又如书中记载了大量关于动物的习性、变异、遗传特征、人工方法改变动物习性等生物学资料，对生物学研究有启发作用。达尔文在研究动物变异等现象时，曾直接和间接引用过《本草纲目》的内容，并称赞它是“中国古代的百科全书”。

《本草纲目》是一本划时代的巨著，它一出版，就引起了巨大反响。国内重版达二三十次，成为其后本草著作的楷模。后世对它的研究也为数众多。《本草纲目》还流传到国外，先后被译成拉丁、日、法、德、英、朝、俄等国文字，成为国际科学界的重要文献之一。

第六章

炼丹术

——《周易参同契》

、炼丹术，又称炼金术、点金术、金丹术、黄白术，是古代一种用人工方法制炼既可使人“长生不老”，又能用来“点铁成金”的万应灵丹的方术。这当然是一门伪科学。但是，在炼丹家的炼丹实践中，他们认识到物质变化是自然界的普遍规律，并积累了大量关于物质变化的经验知识，这就为近代化学的产生打下了基础。中国是炼丹术的最早起源地，后来炼丹术又通过阿拉伯传到西方。所以化学亦起源于中国。另外，炼丹家的一个重要目的是长生不老，他们自然对医学极感兴趣，因而将炼丹药物引用到医疗实践中，也促进了医药学的发展。

在中国古代，人们认为人的肉体可借助于某种神奇的药物而获得永生。著名的嫦娥偷吃后羿从西王母处得来的不死药，奔月成仙的神话故事，就反映了这种思想。战国至秦汉时期，长生不老观念在医师、方士、贵族和学者等社会各界已十分流行。史书记载齐威王、齐宣王、燕昭王及秦皇汉武都曾派人入海寻仙求药，其结果当然也只能是“望洋兴叹”了。求药虽不成功，但对仙人何以能与天同寿的解释却产生了很多，大致是说仙人是通过服食黄金、玉浆、丹砂等得到长生的。于是以探求仙药秘密为目的的炼丹术兴起了。

西汉是中国炼丹术的奠基时期。当时宫廷和一些豪强

贵族都豢养不少炼丹家以炼制长生不老之药。如武帝时代的淮南王刘安就是一个著名的炼金炼丹人物，曾组织宾客编了大量的书，其中就有“黄白之术”20多万字。由此可见，在西汉时已有关于炼丹术的专著出现。这些书大都已失传，不过从残存的资料中还可见到一些炼丹原料，如丹砂、汞、铅、曾青、雄黄等，以及这些原料性质的记载。据东汉末魏伯阳《周易参同契》载，他那时已有“火记”600篇和托名黄帝的《龙虎经》等大量的炼丹著作了。现代人考证，在现存的丹经中，属于汉代的作品有：《三十六水法》、《太清金液神气经》、《太清金液神丹经》、《黄帝九鼎神丹经》等。其中，《三十六水法》在淮南王刘安时已行世，是迄今所知现存最早的一部炼丹著作。该书记有溶解34种矿物和两种非矿物的54个方子，如利用硝石和醋的混合液来溶解金属和矿物等。东汉末年，道教兴起，炼丹术与道教合流，成为道教的一个重要组成部分。这时，有一个炼丹大师叫狐刚子，写下了《五金粉图诀》、《出金矿图录》、《河车经》、《玄珠经》等一批炼丹著作，反映了汉代炼丹术的高度成就。《出金矿图录》首次记录了冶炼金银的“吹灰法”、金银分离法、金银粉制作法以及用胆矾干馏制取硫酸的方法；《五金粉图诀》中有中国古代炼汞法和制铅丹（铅化合物）法的最早记录，其中“九转铅丹法”反映了中国古代炼丹家认识和实现可逆化学反应的创举。大约与狐刚子同时或稍前，另一位炼丹家魏伯阳撰写了一部闻名世界的炼丹著作——《周易参同契》。该书对炼丹术进行

了理论总结和升华，对后世炼丹术的发展有极大影响，被历代炼丹家奉为“丹经之王”。



葛洪画像

魏晋南北朝时期，道教兴盛，炼丹服饵之术风行于社会上层人士之间，炼丹术开始步入成熟阶段。当时众多的炼丹家中，代表人物当首推东晋的葛洪。葛洪的主要著作是《抱朴子》，炼丹术内容主要集中在《金丹》、《仙药》、《黄白》3卷。《金丹》介绍炼制金丹及服食方法；《仙药》专门论述益寿延年的

药物；《黄白》记录伪黄金和白银的炼制法。这些篇章中记录了可溶解黄金的“金液方”、铁和硫酸铜（曾青）的置换反应、胡粉（铅粉）和黄丹（四氧化三铅）的化学反应，以及玻璃的制作等。葛洪不仅总结了前人的炼丹成果，而且创造性地发展了炼丹术，在理论和实践上都是汉魏晋时代炼丹术的集大成者。这一时期另一位著名的炼丹家是陶弘景。他不仅是一位炼丹家，还是一位著名的医药学家。陶弘景的炼丹著作据说只在弟子中流传，并秘而不宣，因此无法确定他是否有炼丹著作留传下来。但是，从他的本草著作《神农本草经集注》中，我们可以对他的炼丹成就略知一二。其中有世界化学史上最早用火焰分析法鉴定钾

盐（硝石）的方法，有石灰石的制法和化学作用的记载。他还最早将氧化汞和硫化汞区分开来，并明确指出“汞粉”（氧化汞）“最能去虱”，这是氧化汞作为杀虫药物的先声。

隋唐时期是中国炼丹术的鼎盛时期。隋朝最著名的炼丹家是苏元明，道号青霞子，著有《旨道篇》1卷、《龙虎金液还丹通玄论》1卷、《太清石壁记》3卷、《宝藏论》1卷。在我国古代，炼丹家为了保密，著作中往往使用晦涩的隐语，而苏元明却用明晰的文体写作，与前人风格迥异。《太清石壁记》是炼丹史上的一部重要著作，其中以硫黄和水银（汞）为原料炼制“太一小还丹”的方法，是现存炼丹著作中关于人工合成红色硫化汞的最早明确记载；书中的“造水银霜法”、“艮雪丹方”、“五味丹方”，详尽地介绍了甘汞（ Hg_2Cl_2 ）和升汞（ HgCl_2 ）的制炼要诀，特别是炼制升汞方法的记载也以此书最早；书中指出“太一雄黄丹”炼出的产物“白如雪”，说明至迟到隋代，中国炼丹家已知道通过焙烧雄黄制得纯净的砒霜（砷）。在《宝藏论》中，苏元明记载了以雄黄、雌黄、砒霜点化砷白铜和砷黄铜的秘密，并指出当时的假金有15种，假银有12种。唐代，由于皇帝姓李，自称是道教鼻祖老子（李聃）之后，所以道教被奉为国教。唐代从皇帝到名人士大夫大多都服食丹药，据载仅唐宣宗大中年间炼丹之士就多达数千人，可见当时炼丹之盛。唐代炼丹术的一个显著进步是用药趋于小数量按比例，向定量化发展，其计量单位一般为“两”，而不像以前的“斤”甚至“百斤”。由于技术的改

进，当时制炼各种药物的方法更加完善，质量更高，并有所创新，如炼制铅霜（醋酸铅）的工艺、提取单质砷等。《真元妙道要略》载：“以硫黄、雄黄合硝石，并密（蜜）烧之”，则会“焰起，烧手面及屋宇”。这实际上是初始的黑火药，对近代世界起重大作用的火药就是由此发明的。唐代炼丹所使用的矿物和化学药物的种类繁多，甚至有国外引进的，如波斯的石棉和密陀僧（PbO）等。同时，炼丹家关于药物质量优劣，以及各地矿物和矿物性质的知识也日益丰富。约成书于公元 664 年的《金石簿五九数诀》就是一部矿物药的专著，详细列出了各种药物的形质、品质和产地。公元 818 年梅彪所撰的《石药尔雅》是世界上最早的炼丹术词典，书中记载当时有法可造的丹药 98 种，并列出了 163 种炼丹药物及其隐名，有人称该书为“唐代炼丹术语的可靠指南”。唐代炼丹的另一成就是炼丹中所得到的化学药物在医学上得到广泛应用，如孙思邈《千金翼方》记氯化亚汞（ HgCl ）可以治疗疥癣、湿疹等皮肤病；王焘《外台秘要》记另一种氯化高汞（ HgCl_2 ）有很强的杀菌防腐力，可以提毒、拔脓，促进疮口愈合；《唐本草》中记有一种用白锡银箔和水银合制而成的“银膏”，类似现在牙科用的填充剂等。这些说明炼丹术对医药学的发展有着重要贡献。唐代关于炼丹术的著作非常多，它们在不同的方面都取得了很高的成就。孙思邈的《太清丹经要诀》列有 18 种秘方，炼制 14 种不同的丹药，其中“伏雌雄二黄用锡法”，既是制取单质砷的方法，又是一种炼制彩色金

(S_nS_2) 的新方法。金陵子的《龙虎还丹诀》记载了简便的抽砂炼汞法，直至宋代仍受丹家重视；书中“炼红银（铜）法”是唐代炼丹家发明的一种新的水法炼铜方法，在水法炼铜史上有重要地位；另外，书中的“治汞法”是使汞与硫黄化合成硫化汞，然后用铅通过加热再置换出汞来，这是唐代炼丹家进行的著名的定量实验研究。现存的唐代炼丹著作还有：陈少微《大洞炼真宝经修伏灵砂妙诀》和《大洞炼真宝经九还金丹妙诀》，张果《玉洞大神丹砂真要诀》，张九垓《张真人金石灵砂论》，金竹坡《大丹铅汞论》，以及无名氏的《阴阳转紫金点化还丹诀》、《太上卫灵神化九转丹砂法》、《上洞心丹经诀》、《王清隐书》、《红铅入黑铅诀》、《玄解录》、《黄帝九鼎神丹经诀》、《阴真君金石五相类》、《白云仙人灵草歌》、《蓬莱山西灶还丹诀》、《太上土兑经》、《太上圣祖秘诀》、《金丹秘要参同录》、《涌泉匱法》等。如此多的炼丹著作，足见唐代炼丹术的繁荣。

五代、宋、元时期，炼丹术继续发展，但势头明显缓慢下来。这一时期炼丹用药量进一步减少，已用“两”、“钱”计算，而且药物种类也更多。五代时独孤滔的《丹房鉴源》中记载的药物已将近 240 种，分别描述了它们的形状、性质、丹药方面的性能以及在医药上的功能和用途。宋元时期的炼丹著作也相当多，取得了很大成就。如五代的《宝藏畅微论》较早记载了金属锌和胆水浸铜法；宋代《太上灵砂大丹》中有关于炼丹家有意识地合成硫化铅的最早记载；《灵砂大丹秘诀》记载了以金属锡和丹砂合炼而得

彩色金的新方法；元代《丹阳术》有提取单质砷的方法，并对这种物质有明确的描述和利用；元代的《砒匱养丹阳法》等几部炼丹著作都记载了用单质砷直接点铜为砷白铜的方法。宋元时期炼丹著作有一点要优于前代，即留下了许多插图。这为我们了解古代的炼丹设备提供了准确的资料。如南宋《丹房须知》上载的蒸馏器，下部是加热炉，上部是盛药的密闭容器，旁通一管，可使水银蒸气流入旁边的冷凝罐中。如此完善的蒸馏器是我国炼丹家长期实践中的一项发明。

由于服食丹药经常致人死命，因此大约从南宋开始炼丹术就日渐衰落了。到了明代，虽然由于几位皇帝热衷于炼丹求长生，炼丹术一度复兴，但成就不大，而且炼成的丹药也多外用，即用于医药。如“红升丹”（纯净的氧化汞），至今中医外科仍在使用。至明世宗时，由于世宗因服丹药毕命，遗诏处置了几位炼丹术士，对炼丹术是个重大打击，从此炼丹术在社会上的地位日益低落。

东汉魏伯阳撰写的《周易参同契》是我国也是世界炼丹史上最早的理论著作。魏伯阳，会稽上虞（今浙江上虞县）人，生卒年不详，我们只知他生活在东汉桓帝时。现在浙江省上虞县的金垒观，相传就是他炼丹的地方。

《周易参同契》，又名《参同契》，分上、中、下三篇和鼎器歌一首，共约6 000余字。该书写作时大部分使用的是韵文，而且文词古雅，字意深奥，因此很不容易读懂。由此也引起了人们对本书基本内容的理解上的分歧。在古代就有人

将它当作外丹著作，也有人把它看成内丹^①专论，这种争论一直延续到今天。现在大多数人认为该书中内丹、外丹的内容都有，除了概括性的理论部分外，以外丹为主，内丹为辅。



魏伯阳与弟子炼丹

《周易参同契》并不是我国最早的炼丹著作。魏伯阳在书中已提到他那时就有“火记”600篇，以及托名黄帝的

① 外丹指炼丹术，内丹是自身修炼的一种方法，现在认为是气功的一种。

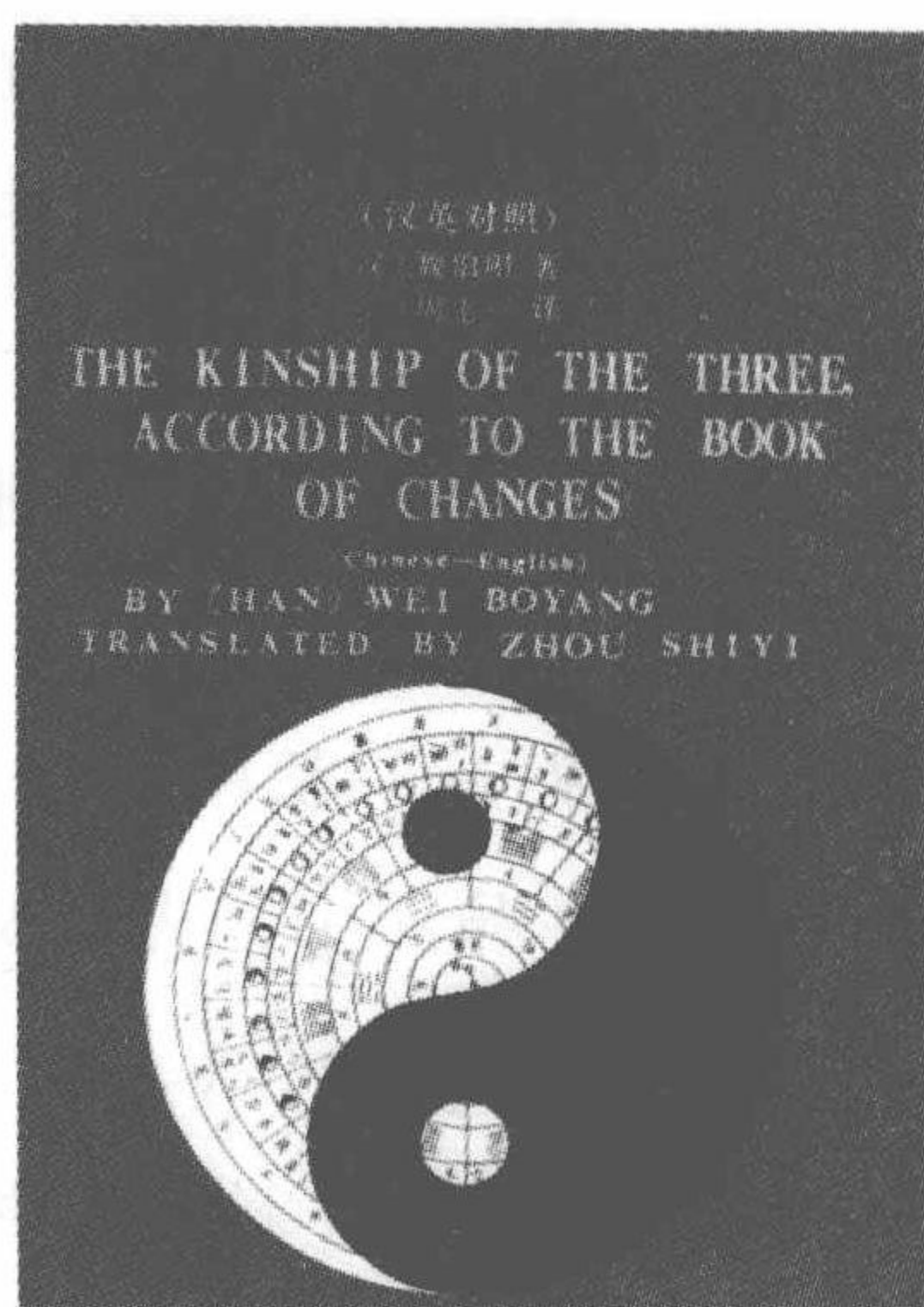
《龙虎经》等炼丹著作了。该书之所以受到后人的尊崇，被奉为“丹经之王”，关键在于在这部著作中，魏伯阳总结了前人的炼丹经验，并在此基础上，运用古代的哲学思想对炼丹术进行了理论论证和提高。《周易参同契》的书名就说明了这一点。按照魏伯阳在书中的解释，它的意思就是周易思想、黄老道家学说和炼丹术融通契和。

《周易参同契》论证炼丹术的理论基础是先秦时期产生的元气、阴阳、五行、八卦等学说。他认为世间万物的产生和变化都是阳气与阴气相互作用的结果，不同物质之间可以转化相生，那么当然可以炼制出某种物质，使人长期保持生机勃勃。在说明炼丹术的可能性和合理性的时候，《周易参同契》将自然界的變化看作是有规律可循的，认为就像水汽蒸发为云雨、泥土干了化灰尘、燃烧残渣变为土、皮革熬煮炼成胶等现象一样，炼丹术也是“自然之所为”。在解释服食金丹为什么能使人长生不老时，书中说：“金性不败朽，故为万物宝，术士（炼丹家）服食之，寿命得长久。”这是一种希望把黄金的抗腐蚀性机械地移植到人体中去以求长生的天真想法。后来东晋的葛洪将这种思想发展成一种“假（借）外物以自坚”的丹药观念，成为历代炼丹家的思想支柱。抛开其中乞求长生的不现实的希望，则可以看出，《周易参同契》中关于物质变化的论述，有着朴素的唯物观点和辩证思想。这是十分可贵的。

《周易参同契》中还记载了许多具体的炼丹技术。书中有一首“鼎器歌”，描述了炼丹的最重要的设备“丹鼎”。

丹鼎就是起化学反应的反应器。这是一首非常好的咏物诗，把鼎的形制、尺寸等都详细地表达出来，使我们获得了早期丹鼎的重要知识。

该书中记载了许多炼丹药物。古代炼丹家将炼丹所用的药物看作是不可示人的秘密，因此在著作中常常使用“隐语”代表这些药物。《周易参同契》



《周易参同契》

也是一样，如称水银为“河上姤（chà）女”、铅为“黄芽”等。经过学者们研究，认为《周易参同契》中提到的炼丹药物有：铅、汞、金、铜、硫黄、丹砂、石胆、云母、硃（náo）砂、礬（yù）石、磁石等。《周易参同契》中还对这些药物的特性进行了描述。例如在叙述汞时说：“河上姤女，灵而最神。得火则飞，不见埃尘。鬼隐龙匿，莫知所存。将欲制之，黄芽为根。”意思是：汞像少女一样活泼和神秘，以火加热时就会“飞”去，不留痕迹；但可以用铅和汞反应使它固定下来。寥寥数语，把汞的挥发性及其容易和铅化合的物理和化学性质记录了下来。

《周易参同契》中还将一些诱人的化学反应过程记录了下来。例如金属铅和它的化合物在我国出现得很早，大约在汉代以前，人们就已经在制造化妆用的胡粉，也就是碱性碳酸铅。《周易参同契》说：“胡粉投火中，色坏还为

铅。”这是指碱性碳酸铅在高温下遇碳还原为铅的化学现象。在《周易参同契》中，炼丹实践的核心内容是炼制“还丹”，其炼制过程分三个阶段。首先是将15份铅与6份汞放在一起加热，生成铅汞齐（铅溶于汞，书称“黄舆”）；继续长时间加热铅汞齐，汞基本上被蒸发掉，铅则被氧化而生成“灰土”状的铅丹；将铅丹与9份汞混合并捣研均匀，密置在鼎器中，先以文火后以武火加热。铅丹在500℃以上即分解放出氧气，汞与氧化合生成红色的氧化汞，凝结在丹鼎的上部，这样就炼成了还丹（HgO）。《周易参同契》中还认为同类的物质才能相互发生化学变化，而不同类物质之间则不能发生作用。书中特别强调物质相互作用时比例的重要性，认为药物的种类、剂量比例是炼丹能不能成功的关键。在上千年前，能取得如此多的化学知识，是十分了不起的。

唐宋以后，以炼服金石为主的炼丹术开始衰落，同时，道教中用人体作为炉鼎，锻炼内在精气，以达到养生、成仙目的的内丹学派开始兴起。由于《周易参同契》中理论概括性很强，非常适合内丹家的需要，所以同样被内丹家奉为经典。《周易参同契》中“引内养性”的气功功法和理论对古代人体科学的发展作用是巨大的。

《周易参同契》对中国古代科学有着极大的影响。它的理论内容同古代的化学、生理学、医药学、数学、物理及气功疗法都有关系，是一份宝贵的遗产。历史上就不断有人对该书进行研究，并分别以内丹和外丹方面继承和发展

了《周易参同契》的思想和实践。现代人对《周易参同契》的研究是从20世纪30年代初开始的。1932年美国麻省理工学院戴维斯（T. L. Davis）教授与吴鲁强合作发表了翻译和研究《周易参同契》的成果。这是第一篇关于这个主题的研究论文，引起了国内外的高度重视。从那时起，《周易参同契》的科学价值逐渐为人们所认识，对它的研究也愈来愈深入。

第七章

地 理 学

可以想象，远在最古老的地理文献形成以前，地理知识的发生和发展必然早已经历了一个长期的过程。然而，文字的出现和广泛使用，无疑促进了地理知识的发展。据研究，商代的甲骨文中大量与地理有关的文字，包括不少城市、河流、聚居地和狩猎区的地名，丰富的气象、气候记录，以及许多野生动物的名称和分类知识等，反映了当时地理知识的日渐丰富。

一般来讲，地理知识的增长与人们活动的区域范围、经济的发展、交通是否发达有着密切的关系。我国从夏、商、周三代开始，势力范围日益扩大，人们接触的地理知识越来越多。传说大禹治水后，曾铸九鼎，将全国各地的山川草木、奇禽异兽分门别类地铸在九鼎之上，表示了丰富的自然地理内容。《夏小正》虽然成书于春秋战国，但其中的资料却十分古老，里面的物候知识已形成系统，反映了夏代前后物候知识的发展。历史研究证明，商代的势力范围已达长江以南，而且商的都城曾多次迁移，其地理知识的增长不言而喻。西周时期，人们的地理知识更为丰富，如《诗经》305篇中，有大量的文字描写当时的地理环境面貌，还记录了丰富的物候、气象、地形与植物的关系等知识。其中《十月之交》“烨（yè）烨震电，不宁不令。百川沸腾，山冢萃（zú）崩。高岸为谷，深谷为陵”，记录的是

周幽王二年（前 780）所发生的大地震，已有地壳变动的思想萌芽。除了《诗经》，《左传》、《易经》和《尚书》等早期文献中也有许多地理内容。

春秋战国时期，我国的疆土更加广大，各民族间的来往日益频繁。由于生产的发展，交通、贸易亦随之发达，人们对地理知识的了解不论在广度上和深度上都得到空前的提高，并开始对地理知识进行系统的整理和综述，以服务于生产和政治需要。如《周易·系辞上》“仰以观于天文，俯以察于地理，是故知幽明之故”一句，不仅提出了“地理”这一概念，而且指出了它的重要性。基于这种背景，《禹贡》、《山海经》和《管子·地员》等地理专著和专篇便应运而生了。《禹贡》大约成书于战国时期，书中以自然条件将我国分为九州，并描述了我国的山脉和河流情况。该书是我国第一部系统的地理著作。《山海经》中的《五藏山经》（又称《山经》）部分成于战国时代，它将全国山脉分为中、南、西、北、东 5 个大区，每区又分若干行列，然后从每列首山开始，依次叙述各山的位置、水文、动植物、矿产和神话等内容。本书记载的山川比《禹贡》更为丰富、详细，描述的地理范围也更广阔，已有山脉、水系概念的雏形，但其中掺杂了一些离奇怪诞的内容，各山的方向和距离也不完全可信。《管子》一书是假托春秋齐国管仲所编，实际成书于战国时期。《地员》篇前半部分将土地分为五大类 20 多个小类，分述其地貌、土壤、植物的特点，是世界上第一个土地类型等级系统；后半部专论土

壤，将土壤分为上、中、下三等，每等又分6类，每类又分5种品色，共计90种品色，分别论述其土色、土质、所宜的谷种等，反映了当时土壤知识的丰富和提高。这一时期，地图的绘制也有重大发展。《周礼》中记载了掌管地图的职官、各种地图的名称和用途等。《管子·地图》更指出“审知地图”，了解地形地貌在军事上的重要性。1978年河北平山古中山国中山王墓（约前310）出土的《兆域图》（墓区规划平面图）和甘肃天水放马滩秦墓出土的7幅战国末期地图，是我国现存最早的地图。这些地图已按一定的方向、距离和比例绘制，说明当时制图技术已有相当高的水平。

秦汉迄至南北朝，是我国地理学发展的一个重要时期。先是秦始皇在公元前221年统一六国，建立郡县制，实行中央集权，并大修驰道以通达全国；之后是汉承秦制，废除了秦的苛政，使经济、文化、科技高度繁荣，国力日强，向边疆进行了强有力的扩张；至南北朝时期，虽然社会处于分裂和动荡的局面，但中原人口的南迁和中外及水陆交通的兴盛，大大开阔了各民族的地理视野。这些都是地理学发展的有利因素，因而促使中国传统地理学在这一时期逐渐形成，产生了一些具有开创性的著作。首先是《史记》、《汉书》设地理专篇，开拓了地理研究的新领域。司马迁的《史记·货殖列传》是我国最早的经济地理学著作，它主要叙述了汉初及以前农业、手工业、商业的分布以及在各主要区域（划分了10个经济区）的发展概况。司马迁在《史记》中设置该篇，是一个创举，对以后正史“食货

志”的编纂有深远影响。班固的《汉书·地理志》是我国第一部用“地理”命名的地理学著作，是我国最早以疆域政区为主体的地理著作，也是我国沿革地理的最早著作。该书的主要部分以汉平帝元始二年（2）疆域政区为纲，依次叙述各郡、县的建制沿革，郡下记有户口以及某些重要的自然和经济情况，县下则根据地区特点，记有山、川、水利、特产、官营工矿和著名的关塞、祠庙、古迹等。《汉书·地理志》对我国地理学的发展有极大影响，如二十四史中有16部设有“地理志”，它们都是以《汉书·地理志》为典范写成的；我国后来出现的地理总志和地方志等地理著作，也无不受其影响。由于历代编修的疆域政区地理志是我国古代地理著述中最基本、最重要的一部分，具有传统特色，因此，《汉书·地理志》在我国古代地理学体系的形成上有重要地位。这一时期，我国陆地水文的研究也有所创新和发展。三国时桑钦的《水经》是我国第一部记述河道水系的专著，其中共记载了137条河流的发源、流经地区、最后归宿，并涉及流经地区的山川文物等。该书开创了水志的记述体裁，确立了以水证地的方法，但内容简单，其中错误也多。晋代以后，为《水经》作注的主要有两家：一为晋代郭璞，一为北魏酈道元。唐以后郭书失传，唯有酈书传世。酈道元的《水经注》，名为注释《水经》，其实自成巨著，是我国6世纪前最全面系统的综合性地理著作。这一时期，由于张骞通西域、三国东吴对南方的开发和水上交通发达，以及佛教传入，不少僧人西行取经等，人们

的地理视野极为开阔。当时描述各地州郡及山川地理的“地记”和描述沿途见闻的旅行记都开始兴盛。据《隋书·经籍志》记载，记海内外山川地理的著作达139种、1432卷之多。“地记”方面除了上述专记水道的《水经》和《水经注》外，还有专记各地区的《三巴记》、《娄地记》、《湘州记》，专记名山的《庐山记》、《幕阜山记》以及综述全国各地的《畿服经》、《地理书》、《地记》等；游记方面则有《佛国记》、《游行外国传》、《慧生行记》等。可惜这些著作基本上已散失殆尽。现存最早的以真实地理为对象的游记是《佛国记》^①，书中记述了东晋法显西行取经的沿途见闻，关于阿富汗、尼泊尔、巴基斯坦、印度、斯里兰卡等地以及南海航行的情况都是本书首次记录。该书开创了地理著作中游记式的新体裁。这一时期地图学也有重大发展，湖南长沙马王堆汉墓出土的地形图、驻军图等地图，已具有山脉、河流、居民点和道路等现代地图的基本要素，形成了较系统的图例，有一定的比例尺，证明汉代勘测地图的精度已达到较高水平。晋代裴秀在总结前人经验的基础上，结合自己的制图实践，建立起一套地图制作的理论原则——“制图六体”，即分率（比例尺）、准望（方向）、道里（路程）以及高下、方邪、迂直（三者是用来求复杂地形的水平直线距离）。“制图六体”的提出，是我国地图学史上具有划时代意义的大事，使我国地图的绘制向更精

^① 我国最早的游记是战国时的《穆天子传》，但其中神话性的内容占主要成分。

确的方向迈进了一步。

唐、宋、元三朝，全国统一，国势强盛，经济文化昌盛，边疆地区得到开发，中外交通更是空前发达，因此地理学研究也呈现出繁荣景象。由于行政管理的需要，统治者对了解和掌握全国土地、物产、风俗以及其他地理情况十分重视，这就促使方志形式地理著作的蓬勃发展并趋于规范化。方志记述的是各级行政区的历史沿革、地理面貌及人文经济等情况，是我国古代地理著作中的主要组成部分。仅《中国地方志联合目录》（1985）著录的就达8 000种以上。正因为如此，历史上常把地理学称为方舆之学。现存最早的地方志是唐代开元、天宝年间的《沙州（今甘肃敦煌地区）都督府图经》，现存最早的古都志是北宋宋敏求的《长安志》。另外，南宋范成大的《吴郡志》因记述全面、详略得当、体例完备，而被称为“地志中之善本”。值得注意的是，唐和北宋的地方志以“图经”的形式为主，即由地图和文字两部分组成，南宋以后，大多数地方志就有文无图了。在地方志的基础上，地理总志的编纂也繁荣起来。唐代李吉甫的《元和郡县图志》是现存最早的一部全国性的地理总志，书中以当时的镇、府、州为纲，以县为目，分别记述沿革、州境、四至和八到（该府州四方界限和到邻近州府及都城的距离）、户口、贡赋、物产、山川、道里、古迹等，而且按图识志，使人一目了然。该书的体例为后世地理志和地方志所采用。宋初乐史编著的《太平寰宇记》是一部大型的全国地理总志，该书在体例上

因袭《元和郡县图志》，同时另增风俗、姓氏、艺文、土产和四夷等门类，使方志的内容更趋于史传化，地理内容相对变少。这一倾向直接影响了元代官修的《大元一统志》，对明、清《一统志》及地方志的影响也很大。在这种倾向中，北宋王存奉命编撰的《元丰九域志》却别具一格，该书的特点是注重“当世之务”，因而对沿革、人物、古迹、风俗等少有记述，而对四至八到、各地里数、城镇名数、山泽之利等情况记述详备，开创了重视地理记述的新体例。在这一时期，我国的沿革地理学趋于成熟。沿革地理是记述、考证历史疆域和政区等沿革与变革的一门学问，是我国古代地理学的重要组成部分、现代历史地理学的前身。北宋税安礼的《历代地理指掌图》是现存最早的一部历史地图集，宋代王应麟的《通鉴地理通释》是我国第一部系统的沿革地理专著。这一时期，由于边疆的开拓和交通的发达，我国的边疆和域外地理著作十分兴盛。唐玄奘西天取经家喻户晓，他的《大唐西域记》是了解7世纪以前中国新疆及中亚、南亚诸国历史、地理的珍贵文献。记述西域地区的著作还有唐代杜环的《经行记》，元代耶律楚材的《西游录》和丘处机的《长春真人西游记》等。记述南海及南海各国的重要地理著作有：唐代义净的《南海寄归内法传》，宋代赵汝适的《诸蕃志》，元代周达观的《真腊（柬埔寨）风土记》和汪大渊的《岛夷志略》等。另外，唐代樊绰的《蛮书》是现存最早系统记录西南边疆及东南半岛的综合地理专著，也是一部区域地理的典型著作。这一时

期，我国的地图测绘技术非常发达，其水平在世界上处于领先地位。唐代一行和元代郭守敬主持的两次大规模的大地测量，充分说明了其时测量技术已具有非常高的水平。唐代的贾耽是我国地图绘制史上一个著名的人物。他积几十年工夫绘制了著名的全国地图——《海内华夷图》，该图图幅大（广3丈，纵3丈3尺）、有统一比例尺（寸折百里），而且古今地名并注。可惜这幅地图没有留传下来。宋代地图测绘水平又有提高，其中沈括不仅对制图六体提出了改进，而且发明了立体地图——木图。宋代留传下来的地图有：《禹迹图》、《华夷图》、《九域守令图》、《平江图》、《静江府城图》等，这些地图都是刻在石碑上而得到保存的。

明、清两代，我国传统科技在整体上处于低潮，然而作为一门为现实服务的地理学，因受统治者的重视，以及明中叶资本主义萌芽的影响，却发展到了鼎盛时期，取得了累累硕果。明代郑和率领庞大的船队“七下西洋”，在东南亚、印度洋地区进行的大规模、长达30年的航海活动，不仅是我国海上探险事业的空前成就，也是世界地理发展史上的壮举。这次活动带来了地理学上的新知识、新认识。《郑和航海图》是我国现存最早的亚非航海图。随行人员撰写的见闻录，如《瀛涯胜览》、《星槎胜览》、《西洋番国志》等，都是地理学的珍贵资料。明代的一部重要的地理著作是著名的《徐霞客游记》。这部著作是徐霞客数十年野外考察的日记汇编，其中对岩溶地貌和山脉、水系的科学

考察，已具有近代地理学思想的萌芽，开拓了我国地理学研究的新方向，在世界上也处于领先地位。明代的杨慎、王嘉谟也都致力于对大自然面貌的探索。杨慎的《山名考》、《温泉志》、《滇南月令词》等分别在山名与山形、温泉的分布与利用、物候与人类活动关系等方面有突出成就；而王嘉谟的《北山游记》则系统描述了当时北京西北山区的自然环境，是现存地理著作中有开创性的一篇。这一时期，我国传统地理学继续发展，其中方志的编撰规模大、种类全、数量多、分布广。明代曾5次修总志，清政府曾3次编修《大清一统志》，其中《嘉庆重修一统志》内容丰富，体例完善，是历代《一统志》中最好的一部。其他有代表性的方志有：《（顺治）河南通志》是门类齐全、撰写规范的通志类方志的典型代表，《西域水道记》是以湖泊为纲的水道专志，《西陲要略》是西北地区的地区专志，《西藏志》是第一部正规的西藏地方志，《朔方备乘》是关于北部边疆的地理专志，等等。据统计，明代修志3 000种左右，现存900多种，而清代现存方志就有5 000多种。方志是我国古代地理著作的重要组成部分。它的繁荣，是我国传统地理学走向成熟和顶峰的标志之一。明清时期沿革地理研究也空前发达，既有以表格形式说明政区、疆域变化的，在体裁上有所创新的著作，如《历代地理沿革表》、《历代疆域沿革表》等，还有像《历代地理志韵编今释》那样的历史地名辞典，以及《历代輿地图》、《历代地理沿革图》之类的历史地图集。清初，一批具有启蒙思想的学者

编出了一批能够通达古今之变，为政治、军事和国计民生服务的沿革地理著作，如顾炎武的《肇域志》、《天下郡国利病书》，顾祖禹的《读史方輿纪要》等。其中《读史方輿纪要》是我国史料最翔实、内容最丰富、结构最严密的沿革地理著作，直到今天，仍是研究历史地理不可缺少的参考书之一。

一 《禹贡》

《禹贡》是我国最古老的地理文献，是关于先秦地理环境的重要著作。《禹贡》收于儒家经典《尚书》中。过去旧史家认为该书是大禹治水和重新制定贡法的记录，作者是夏代史官或大禹本人。其实，这是一部托名大禹治水而记载古代地理情况的著作，与大禹治水本身并无多大联系。《禹贡》的著作年代，多年以来一直存在争论。比较普遍的看法，认为《禹贡》是公元前 300 年左右，也就是战国时代的作品。

《禹贡》全篇不足 1 200 字，内容却相当丰富，主要有九州、导山、导水、五服四个部分。

九州是《禹贡》全篇的主要部分。“九州”是以名山大川为标志的自然地理区域。它以岱、华、荆（jīng）、衡四山和河（黄河）、济、淮、黑四水，以及海洋等为分界标志，将全国分为冀、兗、青、徐、扬、荆、豫、梁、雍九

游及汉水、淮河之间的 20 多座山归纳成 4 条东西延伸的“山列”。第一条在渭水、黄河以北；第二条在黄河南岸；第三条在汉水流域，自陕西的蟠冢山到湖北、河南交界的大别山；第四条从岷山起经衡山至江西北部的敷浅原。在对山列的记述中，表明作者已有山系概念的萌芽，并且掌握了我国山岳分布西高东低、西部集中东部分散的两大特征。

导水部分叙述了弱水、黑水、黄河、漾水、长江、济水、淮河、渭水和洛水 9 条河流的水源、流向、流经地区和支流、河口等情况。叙述的次序先北方后南方、先上游后下游、先主流后支流，条理清晰，使人对九州内河流水系的分布情况一目了然。这是我国有关河流水系的最早记录。

导山和导水两部分，文字虽然不多，但却是我国古代地理学分区域、分部门进行研究的开始，对于后世的影响是很大的。

最后一部分是五服。它以 500 里为距离，由王都向四面等距离扩张，依次分为甸、侯、绥、要、荒五服，并规定了相应的管理方法和交纳赋役的等级。这是一种理想化的中央行政制度，表达了作者大一统的政治见解。这种大一统的思想实际上反映了战国时期人民要求结束诸侯割据，实现国家统一的愿望，在当时是有进步意义的。

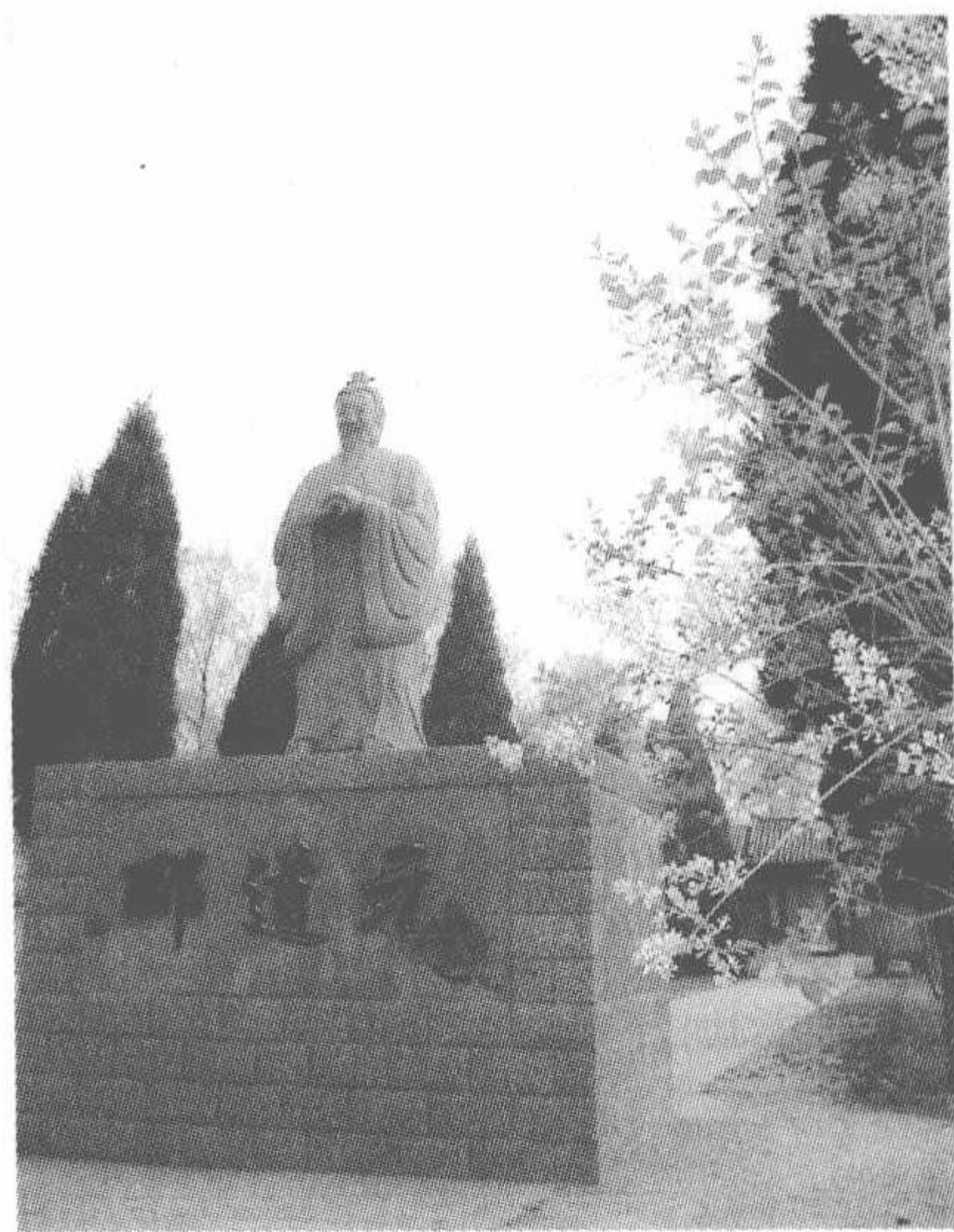
《禹贡》是我国古代一部综合性的地理名著，在我国地理学发展史中占有极为重要的地位。它在研究方法和地理观念上都对以后的学者有很大启发。历代对它进行注释、

考证的著作很多，成为中国沿革地理和经学地理的一大支柱。《禹贡》中的不少地理概念和词语，如冀、豫、渭水、汉水、泰山、华山、衡山等，直到现在仍在使用，可见其影响的深远。

二 《水经注》

北魏酈道元所著的《水经注》，是一部以记载河道水系为主的综合性地理著作，是我国6世纪以前地理学的代表作之一。酈道元字善长，北魏涿州酈亭（今河北涿县南）人，杰出的地理学家。酈道元的父亲做过青州刺史，因此，在他少年时就随父亲游历了山东的名山大川，培养了探索山川名胜奥秘的兴趣。成年后，他利用做官的机会，周游了今天的河北、河南、江苏、安徽、山西、陕西、内蒙古等广大地区。每到一处，他都留心察看水道形势，探溯源头河口，并游览名胜古迹。酈道元不仅喜欢旅游，而且酷爱读书，尤其是地理著作。在读书的过程中，他感到当时的地理书籍，不是过于杂乱，就是过于简略，并且有不少错误。他认为，桑钦的《水经》专门记述水道虽然是一种开创，但却太粗略了，而且所记大多是前人旧闻，有必要进一步搞清各条河流的来龙去脉。于是，他决心以《水经》作基础，写一部更为详备的水道专著。这就是后世广为流传的《水经注》。

《水经注》全书 40 卷，30 多万字。其体裁是以许多水道的干流或大支流为主题，主题下大小不同的段落都有一句或几句纲领性的说明作为“经”，随后详细引用有关资料作为“注”。这种以水道为纲记述地理情况的体例，不同于以往的地理著作，是酈道元在《水经》的基

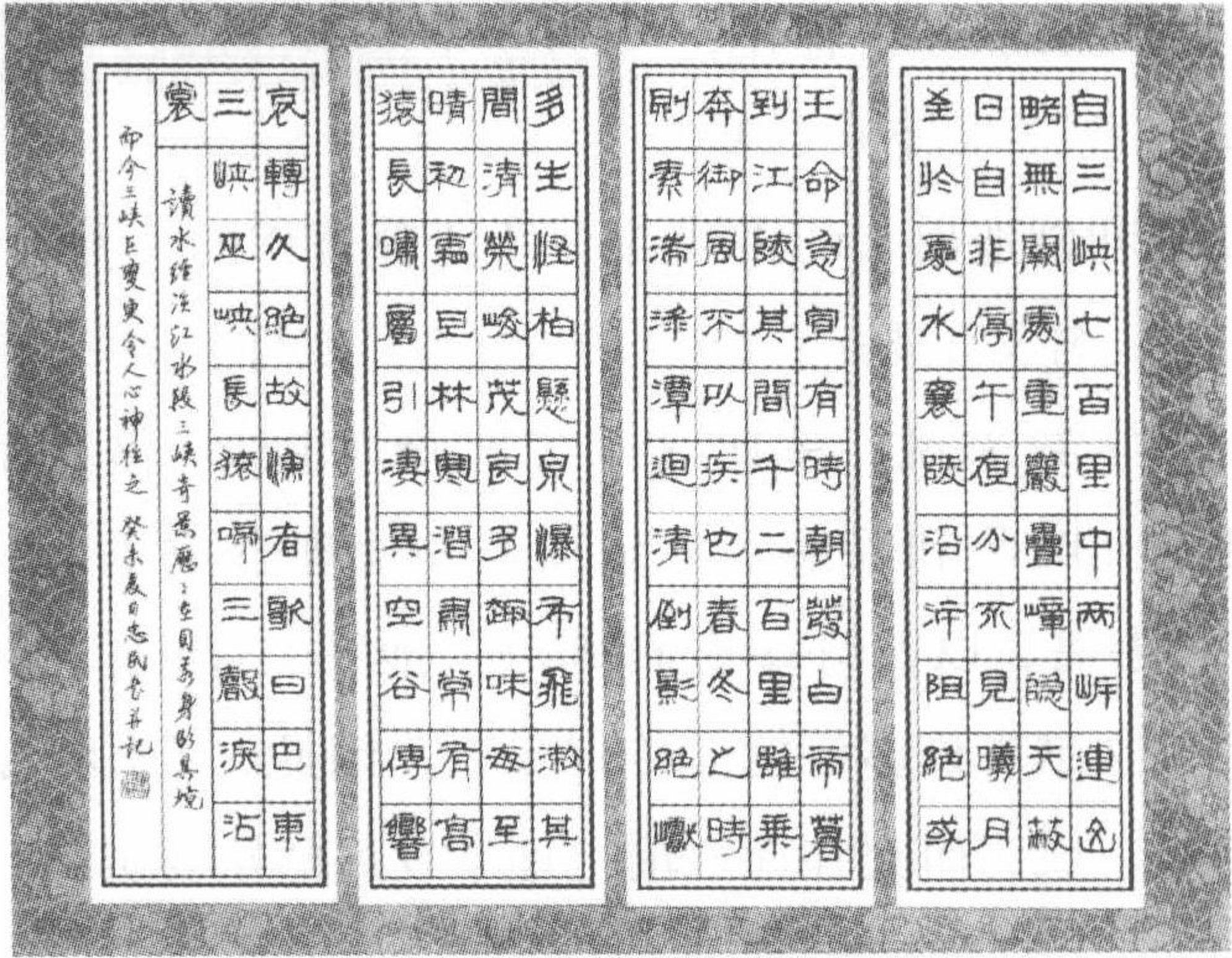


酈道元塑像

础上发展和创造出来的古代综合性地理著作的一种新形式。《水经注》名义上是为《水经》作注，实际上却是自成体系。仅以字数来说，就比《水经》增加近 20 倍。在写作中，酈道元吸收和采纳了大量前人的地理学成果，引用了 430 多种书籍，以及许多金石碑刻、地图、民歌、民谣等。这些古代文献有许多没能流传到今天，因此，《水经注》中这些片断，成为研究在此之前地理学发展的重要资料。

《水经注》所记地理范围之广、内容之丰富，是空前的，这也是这部书的一个突出特点。酈道元生活在南北对峙时期的北魏王朝，可贵的是，他在写作《水经注》的时候，却突破了北魏的疆域界限，将视线投向了我国的各个地区。在记述坝水（即流经朝鲜的大同江）、印度河等水系的源头、流经地域和归宿时，甚至记载了部分边疆邻国的

地理情况。《水经注》所记水道达1 252条，比《水经》多出1 000多条。在记载水道的同时，书中对河流流经地区的山川景物、城市、关津亭障、古迹、水利设施、物产，以及有关的历史事件、神话传说等，都作了详细的描述。据统计，《水经注》记载的峡谷近300处，瀑布60处，湖泊500多处，泉水和地下水300多处，古都180座，城邑2 800座，桥梁约100座，津渡近100个，涉及的地名约20 000个。《水经注》还介绍了13个民族的语言、风俗习惯，有些还指明了地理分布及与其他民族的关系和影响。



《水经注》

《水经注》不但内容丰富，而且在叙述事物时也十分确切细致。为了写好《水经注》，酈道元在他足迹可能到达的地区，都进行了详细的实地考察。有一次，他发现《水经》和《汉书》对泗水的源头记载有问题，于是不辞辛苦，

亲自去探寻源头，最后终于在卞县故城（今山东泗水县东）东南桃墟附近找到了泗水的发源地。酈道元还极为重视地形地貌的方向、数值、位置的记载。如《汾水注》中说：“山即汾山也，其山特立，周七十里，高三十里。文颖言：在皮氏县东南，则可十里，乃非也，今准此山，可高十余里。”书中对高山峡谷、岩溶地貌、西北干燥地区的地貌都有许多精彩的描述。

《水经注》在地理学方面取得了许多前人没有的成就。例如该书中记载的植物种类不下 140 种，动物种类超过 100 种。酈道元对生物的性状和习性进行过细致的观察研究，书中记载的淡水鱼类的洄游现象，在世界上是最早的。书中对生物的地理分布和变迁都有所描述。《涟水注》中还写道：湘乡县石鱼山，有一种黑色石头，纹理与云母相似，常显出鱼形，敲剥一层后，鳞、鳍、头尾非常逼真。这是我国最早记载鱼类化石的文献之一。

《水经注》中记载了大量农田水利设施。都江堰、郑国渠、灵渠、芍陂（pō）等，都是先秦著名的水利工程。酈道元对这些工程的兴建过程、地理位置和范围结构等，都作了比前人更为详细的记录。以农田水利建设和河流、湖泊的综合利用为中心，书中涉及了种植业、畜牧业、林业、渔业等农业生产的多个侧面。除此之外，《水经注》中还记载了温泉、地下水、天然气、锡矿、盐业等矿产资源，还有许多关于采矿、冶金、纺织、造纸、食品等工业部门的资料，对我们研究古代的经济情况有重要价值。

《水经注》是一部包罗万象的地理著作。在它问世不久，人们就开始了对这部书的不断研究。历代的地理著作大量引用该书中的内容。还有人仿照《水经注》的体例撰写水道地理著作，如清代齐召南的《水道提纲》、徐松的《西域水道记》等，形成我国古代地理学著作的一种独特的体裁。当代的历史地理学者，也仍以它为重要根据，复原古代地理情况。今天，国内外学者对这部书更加重视，对它的研究已形成一门“郦学”，研究的专题就有沿革地理、经济地理、城市地理、兵要地理等，而且新的利用价值还在被不断地挖掘出来。

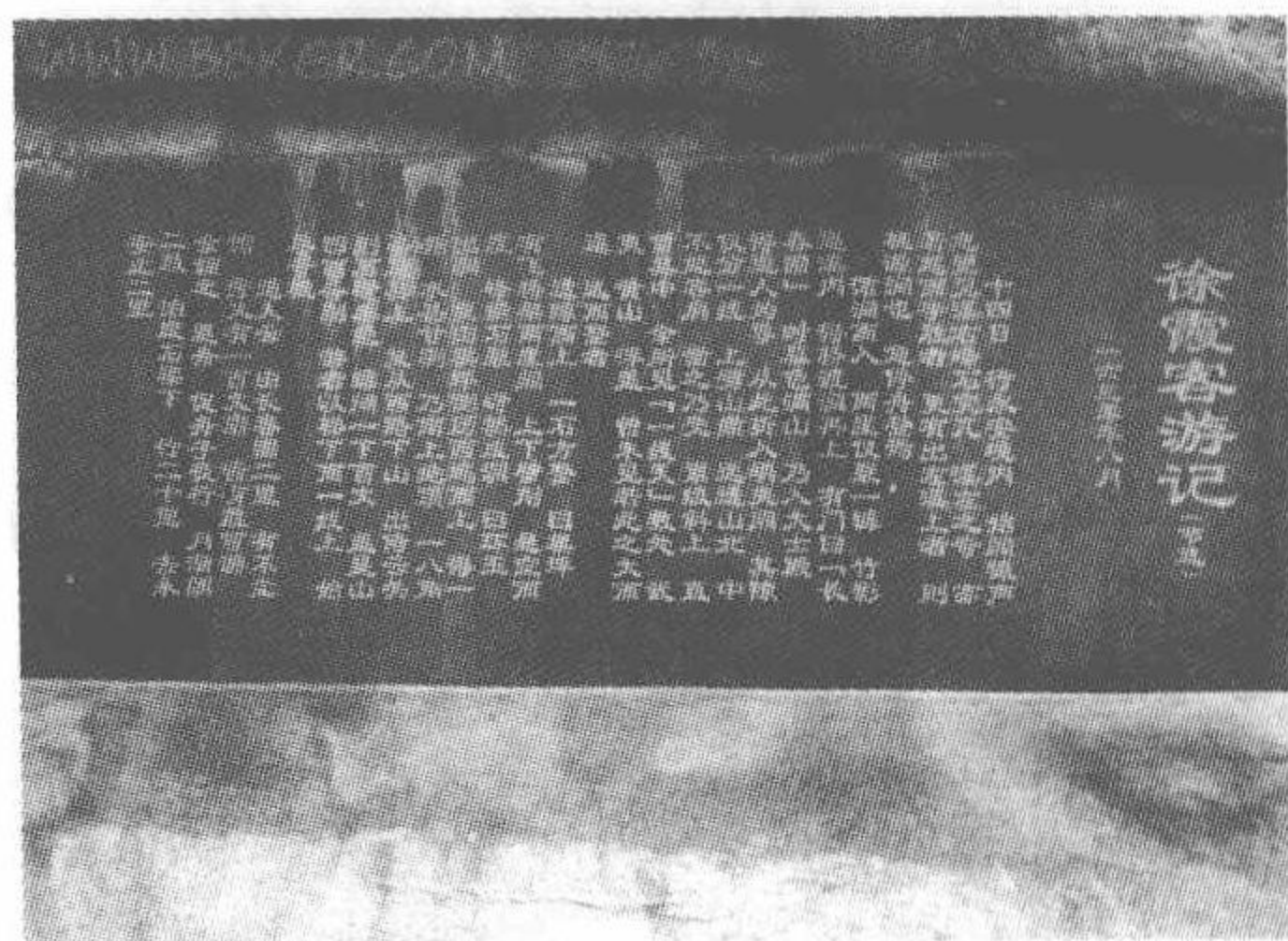
三 《徐霞客游记》

明代的《徐霞客游记》是一部日记体裁的地理著作，也是我国及世界上最早系统记述和研究岩溶地貌的科学文献。徐霞客（1586—1641）名弘祖，字振之，霞客是他的别号，江苏江阴人，出生于世代书香门第。徐霞客从小就读了很多书，最使他感兴趣的是记载山川、名胜和旅游的书籍。徐霞客很早就决心挣脱科举枷锁，立志游遍祖国的山山水水。在父母的支持下，他从22岁起至56岁的30多年中，几乎年年外出游历。他“不避风雨，不惮虎狼，不计程期，不求伴侣，以性灵游，以躯命游”（《徐霞客游记·潘耒（lěi）序》），足迹遍及我国现在的江苏、上海、

浙江、山东、河北、天津、北京、山西、陕西、河南、安徽、江西、福建、广东、湖南、湖北、广西、贵州、云南等 19 个省、市，行程达 10 万余里。

徐霞客的身体很好，了解他的人都称他“健如牛，捷如猿”。爬山涉水，日行百里之后，他还能在夜间把当天的观察所得记录下来。多年的游历生活，徐霞客积累了大量的考察日记。在他最后一次出游归来后，身染重病，一直到去世，没来得及对这些日记进行整理。后来才由季梦良加以整理成书。《徐霞客游记》早先只有抄本，由于辗转传抄和战乱不断，内容缺失很多。清乾隆四十一年（1776），徐霞客的族孙徐镇首次将此书刊印，使这部著名的地理游记，也是我国最早的野外考察记录得以广泛流传。

《徐霞客游记》共 10 卷，约 80 余万字，日记体裁，按时间顺序记载作者的游踪和研究心得。卷一是游天台山（两次）、雁宕（dàng）山（两次）、白岳山、



《徐霞客游记》

黄山、武夷山、庐山、九鲤湖、嵩山、太华山、太和山、游闽、五台山、恒山的日记；卷二是浙游、江南游、楚游日记；卷三是粤西游日记；卷四是黔游日记；卷五一十是滇游日记及附编（卷十下）。该书涉及的内容极其广泛，包括地貌、地质、水文、气候、动植物、历史地理、

社会政治、经济文化、民族风俗等多方面。和我国以往的地理文献相比，该书不但在内容的丰富上大大超越前人，更重要的是它对自然地理现象进行了细致的观察和研究，尤其注重对自然地理现象成因的探讨，把感性认识提高到某种程度的理性认识，更具有科学性，开辟了我国古代自然地理研究的新方向。



徐霞客塑像

《徐霞客游记》最大的科学价值是关于岩溶地貌的广泛而深入的考察。岩溶地貌，又称喀斯特地貌，在我国南方分布很广。东起杭州飞来

峰，西至云南西部保山地区，其中自湖南南部到云南东部，面积就有 55 万平方公里。我国记载岩溶地貌有悠久历史，西汉长沙马王堆地形图上描绘的峰丛石山，就是世界上最早的地表岩溶地貌图。此后记载岩溶地貌的文献更多，如南北朝王韶之《始兴记》、酈道元的《水经注》、盛弘之的《荆州记》和宋朝范成大的《桂海虞衡志》，等等。但是，没有一部能够像《徐霞客游记》那样系统科学地研究岩溶地貌。徐霞客将岩溶地貌的许多地形，进行了分类命名。如称落水洞地形为“智（yuān）井”，漏斗地形为“盘洼”或“环洼”，干谷地形为“枯涧”等。而且以“石山”、“石峰”统一命名峰林地形。这种归类和命名，是科学的研

究方法。《徐霞客游记》对每一类地形都有生动、形象的描绘。如记述落水洞时说：“岭头多漩涡成潭，如釜之仰，釜底俱有穴直下为井，或深或浅，或不见底……”徐霞客还首次明确记述了我国西南地区峰林的分布和特征，认为峰林范围东起湖南道州（今湖南道县），西至云南罗平，南入广西境内。徐霞客每经过一个地区，都十分注意总结当地岩溶地貌的特点，并和其他地区相比较，力求找出它们的分布规律和发育特征。如在论述峰林发育的地区差别时说：

粤西之山，有纯石者，有间石者，各自分行独挺，不相混杂。滇南之山，皆土峰缭绕，间有缀石，亦十不一二，故环洼为多。黔南之山，则界于二者之间，独以逼耸见奇。滇山惟多土，故多雍流成海，而流多浑浊，惟抚州湖最清。粤山惟石，故多穿穴之流，而水悉澄清。而黔流亦界于二者之间。

这些论述说明徐霞客对西南岩溶地貌发育的区域特征有比较清楚的认识。

岩洞，是地下水对岩石长期溶蚀而形成的，洞内石笋、石钟乳、石柱，千奇百怪，别是一番天地。对溶岩洞穴奥秘的探索，徐霞客有着极大的兴趣。《徐霞客游记》中记载岩溶洞穴288个，他亲自入洞考察的有250个，占87%。他对这些洞穴的形态、方位、大小、结构都作了详细的记录，有的还作了测量，数据准确。他对桂林七星岩洞穴系统的描述就和20世纪50年代科学测绘的七星岩平面图基本一致。徐霞客还根据水文、气候、成因、结构将这些洞穴划

分为不同类型。如按洞穴的形态结构分：藤瓜式，指的是以溶洞通道将大小洞穴联系起来的洞穴系统；楼阁式，是指洞穴的上下、前后都有分层，像一幢有许多房间的楼阁；此外还有蹲虎式、深井式、厅堂式、海螺式等。

对于岩溶地貌的成因，《徐霞客游记》中的许多地方都进行了探索和研究。如认为落水洞的成因是“上透一窍，辄水捣成井”。又如认为石钟乳是“石膏日久凝结而成”等。这方面的研究，徐霞客比前人更广泛、更深入。

徐霞客对我国河流探源工作也作出了贡献。例如，为了弄清南北盘江的源流，他曾5次进行实地考察，写出了《盘江考》一文。关于长江的源头，从《禹贡》出现“岷山导江”4个字开始，人们一直认为长江的源头是岷江。虽然早在汉、唐时就有人表示怀疑，但没有人敢于站出来否定它。徐霞客在《江源考》中明确提出：“推江源者，必以金沙”，即金沙江是长江的源头。这在我国地理学上意义十分重大。

《徐霞客游记》中一个使人叹服的地方是：当时地理学的各个学科都还处于萌芽状态，又没有任何科学仪器设备，而徐霞客根据自己观察所得出的结论，竟大多和现在的科学原理相符合。他在游历中发现，高山上的草木稀疏、植物生长缓慢，他推断其原因是高山顶部海拔高、气温低、风速大，阻碍了植物的生长。当他由云南姚安北行到达丽江后，写道：“其地杏花始残，桃犹初放，盖愈北而寒也。”说明他初步认识到了植物生长的不同状况和地理纬度的不同有关。徐霞客还有很多关于植物的分布和生长受地理环

境影响的论述，都和现代的科学原理一致。

1639 年，徐霞客到了云南腾冲，当地人告诉他 30 年前打鹰山顶上发生怪事的传闻。他立刻到那里进行考察，看到山顶上的石头都是赭红色，质地轻浮，状如蜂房，便断定“为浮沫结成”，是“劫灭之余”。这种现象正是火山爆发的证据，徐霞客的结论是正确的。

第八章 工艺技术

中国古代，在工程技术和工艺技术方面的成就极为辉煌，对我国乃至世界文明的发展起着重要作用。早在原始社会阶段，我国的一些部落、氏族就以擅长某种技艺著称。如原居今河南濮阳一带的昆吾族就善于制陶和冶铸，原居于河南辉县的共工氏善于治水等。进入阶级社会后，一些部落和氏族被征服，处于臣服的地位，负有制作和进贡特定制品的义务；后来又演变为为王室服务的工奴和匠师，这即是官府手工业的开始。当时为王室服务的工匠很多，被统称为“百工”。

到了春秋战国时期，由于社会变革和生产发展的需要，促使工程技术和工艺技术有了突飞猛进的提高。当时私营手工业者也已在社会上出现，他们有着高度的生产和创造的热情。著名的墨子和巧匠鲁班（公输般）比斗攻城技术的故事就反映了当时技术发展的一个侧面。当时的技术已达到很高的水平，像著名的越王勾践剑，埋在地下 2000 多年，至今依然表面花纹清晰、光彩照人。随着手工业生产的发展，人们积累了丰富的经验，而为了生产更多更好的产品，手工业生产内部分工的细密化和技术的规范化与科学化，就成了这一时期手工业发展的突出特点。《考工记》一书的出现，就反映了这一趋势。《考工记》记载了近 30 个工种的产品形制和工艺规范，几乎包括了当时所有的手

工业部门，堪称“百工技艺之书”。该书科学技术内涵十分丰富，在我国和世界上都占有重要地位。除了《考工记》外，这一时期的其他文献及诸子书中有不少技术内容，如《管子·度地》就是现存最早的水利工程技术理论著作，其中论述了土壤含水量的季节变化对施工质量的影响等有关的力学知识，提出了渠道坡降的计算方法，介绍了当时水利施工的组织方式等。又如《墨子》中的《备城门》等篇记载了攻、守城的器械和制作，以及使用技术，反映了当时军事工程技术的发展情况。

秦汉以后，我国的封建制度开始确立，中央集权得到加强，实行了重视农业、轻视甚至抑制工商业的政策。特别是汉武帝之后，儒家学说占据统治地位，更加强了这一政策的思想基础。以至于在整个封建社会，工程技术和工艺技巧被视为下等人所从事的微末之技，工匠、手艺人的社会地位卑微，其中许多人身在匠籍，处于半奴隶的地位。这种传统观念和社会关系，极大地损害了技术的流传和记录。也正因如此，和其他学科众多的专著相比，技术方面的专著就显得寥若晨星了。就目前所见，秦汉至唐之间还没有一部技术方面的专著。

唐代由于经济繁荣、文化发达，思想上也比较开放，再加上印刷术的发明，有利于书籍的刊行与传播，因此技术专著开始少量出现。从隋朝到唐朝，水利工程的修建日益普遍，工程规模大，水车、高转筒车等水力机械已广为使用。这时出现的《水部式》、《敦煌水渠》等著作是我国

现存最早的水利专业法规。此二书都是在敦煌残卷中发现的，其中详细记载了郑白渠和关中、沙州等渠的管理规则。唐代陈廷章的《水轮赋》是关于水轮筒车的形制、运转和功用的专著，反映了当时农业灌溉机械的发展。唐代的军事技术也有了长足的进步。《太白阴经》是一部兵书，其中大量内容和军事工程技术有关，包括平陆筑城的规范和攻守器械；水军战船的形制构造和性能，以及大量的济渡器材；士兵配备的兵器数量、形制和尺寸等。另外，唐代的《工艺六法》和五代的《漆经》也是技术方面的专著，但现在已失传了。

宋元两代是我国科学技术繁荣昌盛的时期，工程技术和工艺技术的专著相应也比较多。宋代李诫主编的《营造法式》是我国现存最早的官修建筑专书，也是我国建筑工程技术的划时代著作。该书分为释名、各作制度、功限、料例和图样五大部分，内容涉及各类官式建筑及其具体结构，而且图文并茂。这部著作说明我国古代木结构建筑的构架体系已经达到纯熟的程度，并向标准和定型方向发展，对元、明、清的建筑有重大影响。元初薛景石的《梓人遗制》是我国古代著名的木工技术专著，其中“车制”和“织具”有很高的历史价值和学术价值。如“华机子”（提花机）、“立机子”（竖式织机）、“罗机子”（织罗的专用织机）等，是我们现在研究古代纺织机械的重要史料。宋元时期在其他技术方面也有专著出现。如北宋朱肱（gōng）的《北山酒经》是我国现存第一部关于酿酒工艺的专著；

南宋王灼的《糖霜谱》是古代关于制糖工艺的重要专著；元代陈椿的《熬波图》是记录宋元时代海盐生产技术的重要专著；南宋蒋祈的《陶记》，是古代记述景德镇陶瓷业情况的第一篇专文，也是世界上最早的瓷器专著。宋元水利发达，成书于北宋并经金、元两代陆续补充的《河防通议》是我国现存最早的一部河工技术规范书，其中对黄河的水文特征和治河工程的每一个环节的技术要求和计算方法都有详细记载。这时还出现了特定水利工程的专志，如《李渠志》记江西宜春李渠工程；南宋魏峴（xiàn）的《四明它山水利备览》详记始建于唐代，位于浙江鄞县，具有多种功能的坝工枢纽它山堰，其中对历代修建和岁修制度、水文测验、泥沙处理以及当时水土流失加剧的分析等，都有重要的历史价值。

明清时期，我国经济发展稳定，特别是明中叶以后，资本主义萌芽、工商业发达，尤以纺织业、矿冶业最为明显。这一时期是我国工程技术和工艺技术典籍编著的鼎盛时期，在数量上要超过以前历代同类典籍的总和。在这些著作中，占有突出地位的是宋应星的《天工开物》。这是一部百科全书式的著作，其中对于工业技术的记载，表明当时的中国许多方面的技艺在世界是具有领先地位的。明初郑和下西洋的航海活动，促进了造船业的发展，《漕船志》、《龙江船厂志》和《南船记》，分别是记述明代船厂和造船技术规范专著，是研究明代造船技术的重要资料。在明代，还出现了《多能鄙事》这样的日用百科大全式专著，

署名是刘基。内容包括农牧技术和家庭手工业、日常生活知识及技能等，而以后几方面为主，反映了市民社会的技术发展。明初民间还流传着一部木工专书——《鲁班经》，内容是建筑、家具、日常生活用品和木制农具的制作。该书是一部“带有行会的规矩准绳性质的职业专书”，对我国民间工艺技术的发展有相当重要的参考价值。类似的著作还有《髹（xiū）饰录》，是明代著名漆工黄成编写的我国现存的唯一一部漆工技术专著。明代后期由于军事需要，武器研制技术发展较为突出，《火龙经》、《神器谱》、《西法神机》、《火攻挈要》等火器专著问世，其中后两种为译作或编译之作。受西方影响并有所创造的著作还有明末王徵的《新制奇器图说》等。另外，明代计成的《园冶》是我国最古的造园学著作。到了清代，政府加强了对手工业行业的管理，制定了一系列技术规范，《清代匠作则例》就是关于清代各手工业行业技术规范的总称，范围包括产品名称、尺寸、做法、用料、工时等。据统计，这些则例有近百部，有官修的，有民修的，长的有几十万字，短的则只有几款。清代还有一部官式建筑规范的专书，叫《工程做法》，统一了清代官式建筑的标准，是古代建筑模式在封建社会末期的最后一次确立，也是当时建筑向程式化发展的集中体现。清代其他手工业和工业的著作也很多，如《苏州织造局志》是清初皇家企业苏州织造局的专志；《南窑笔记》、《陶说》、《景德镇陶录》、《陶冶图编次》等，都是陶瓷技术专著，其中唐英的《陶冶图编次》对陶瓷技术

项目和技术细节的记录最为详尽，是我国最早的全面系统地介绍陶瓷工艺的专著，也是世界上最早的陶瓷工艺学专著；吴鼎立的《自流井风物名实说》和丁宝楨编的《四川盐法志》是关于四川盐业生产技术和经营管理的专著；吴其濬的《滇南矿厂图略》是一部详细介绍清代云南矿厂分布及其采矿冶炼技术的图文并茂的专著。明、清两代水利工程更为发达，因而专著也更多。例如，论述太湖水利设施的就有明归有光的《三吴水利录》、张国维的《吴中水利全书》等；论述畿辅地区水利的有明徐贞明的《潞水客谈》、王履泰的《畿辅安澜志》等；记述特定水利工程的专书有明李熊的《木兰陂集》、清程鸣九的《三江闸务全书》、项棣孙的《通济堰志》、黄世杰的《云南省城六河图说》等。明清在黄河治理上也取得了重要成就，出现了许多专著，如万恭《治水筌蹄》首先提出“束水攻沙”治黄理论，《河防一览》、《河防述言》等发展了这一思想。此外，像《漕河图志》、《海塘录》之类的关于运河和海塘治理的专著还有数十种。

一 《考工记》

《考工记》是春秋战国时期有关手工业生产的科学技术著作，也是手工业制度和技术规范的汇集。它本来是一本单独的著作。但由于《周礼》“天”、“地”、“春”、“夏”、

“秋”、“冬”六官中，“冬官”一篇缺失，后人把《考工记》补入，因此，它又成了《周礼》的一部分。在儒家学说盛行的年代，《考工记》身居儒家经典之中，无疑身价倍增，也使得它广为流传。



《考工记》

《考工记》大致可以分成两部分。第一部分为总叙，篇幅较短。它首先强调“百工”在国家“六职”（六种基本的社会分工，包括王公、士大夫、百工、商旅、农夫、妇功）中的职责和所占的重要地位，又论述了各地的工艺特产和获得优质产品必须遵循的四个基本原则——天时、地气、材美、工巧。在这一部分中，还罗列了后面

要加以论述的6类30个工种。其中木工包括轮、舆、弓、庐、匠、车、梓7个工种；金工包括筑、冶、凫、栗、段、桃6个工种；皮工包括函、鲍、鞣（yùn）、韦、裘5个工种；色工包括画、绩（huì）、钟、筐、幌5个工种；刮摩工包括玉、榔、雕、矢、磬5个工种；抃（tuán）埴（shí）工包括陶、甗（fǎng）两个工种。第二部分是全书的主体，分别记叙了各工种的职能和技术规范，但段、韦、裘、筐、榔、雕6个工种的文字已阙。《考工记》的技术内容包括了车辆制造、兵器、乐器、容器、玉器、皮革、练丝与染色、陶瓷、建筑和水利工程等，几乎涉及了当时官府手工业的

各个部门。该书记录了当时生产过程中详细的技术分工。如车辆制造，除“车人”外，还有专门制造轮子的“轮人”，专门制造车厢的“舆人”，专门制造车辕的“辔人”等。这样手工艺专门化与分工精细的倾向是当时手工业生产技术高度发达的标志。

《考工记》不仅在中国，而且在世界上也是一部最早、最详细的科学技术文献。书中除论述了各种手工业的设计要求和制作工艺外，还力图阐明其中的科学道理。我国先秦的许多科技成就，都是依靠它得以最早记载下来。

我国进入青铜时代虽比西亚要晚，但冶铸技术的发展速度很快，后来居上，在商代已达到了一个高峰，著名的司母戊大方鼎等出土文物就是这个历史时期的见证。在《考工记》中，青铜冶铸已发展成拥有6个工种的手工业部门，而且有着先进的技术经验。如“金有六齐”（青铜器的6种合金比例）的记载，是世界上最早对合金规律的认识，第一次向人们指出了合金性能和合金成分之间的关系。《考工记》中还说，在冶铸加热过程中，先是冒黑浊之气，然后是黄白之气、青白之气，等到炉火变成纯青之色时，火候正好，可以开始浇铸了。这是世界上依据烟气和火焰颜色来判断冶炼进程的最早记载。

纺织印染工艺在我国历史悠久，尤其是丝织品的印染加工更是领先世界。高贵的丝和丝织品在染色之前，还要经过“暴练”处理（相当于现在的精炼工艺）。也就是利用富含碱性的植物灰汁或贝壳锻炼出的碱性更强的石灰对丝

和丝织品进行处理，并在日光下曝晒，以达到除去纤维外面的丝胶，便于染色的目的。《考工记》记录了这种工艺的整个操作过程，是我国关于灰水脱胶、日光脱胶漂白的最早记载。《考工记》记叙染色工艺时说：“三人为纁（xūn，浅红色），五人为缁（zōu，深青透红的颜色），七人为緇（zī，黑色）。这是说用某种染料染色的时候，被染物每浸染一次，颜色便加深一些，反复浸染后，可以得到不同的颜色。这种工艺也是《考工记》中首次加以记录的。

《考工记》中记载了许多物理知识。如用水的浮力测量箭杆的质量分布；指出箭羽是箭飞行的稳定装置。又如在车辆制造中提到了滚动摩擦力和轮径大小的关系等。这些都是力学知识的较早记载。钟、磬、鼓是我国古代重要的乐器。《考工记》中对它们的大小、厚薄等因素对音质的影响都进行了较详细的论述，表现了丰富的声学知识，特别是“凫氏为钟”一节，简直是一篇层次分明、逻辑严谨的制钟论文，叙述制钟的规范、音响等情况简洁、周详，比欧洲同种内容的文献要早 1500 多年。

《考工记》保存了丰富的实用数学知识。在“车人之事”节中谈到的“矩”、“宣”、“橐（zhú）”、“柯”、“磬折”，是我国古代最早的一套角度概念，曾在春秋战国时期广泛使用。《考工记》中常用简单的分数来表示手工业产品各部分尺寸的比。如“十分寸之一谓之枚”，“枚”就是后来的“分”；“十分寸之一”的表示法被后世的算术用语所继承。该书中还有不少先秦度量衡方面的史料，值得我们

深入研究。

中国古代建筑与世界其他文明的建筑不同，它主要采用木结构，最大限度地利用了木结构的特点和可能，空间规模巨大，平面展开，讲究建筑群体之间的相互连接和配合。重视各个建筑的整体安排。《考工记》“匠人建国”、“匠人营国”节中就体现了这一建筑思想的萌芽。在具体建筑实践中，已经使用了水平器、线坠等测量仪器，并用观测太阳和北极星的方法来确定方向。研究中国古代建筑史，就不能不提到《考工记》。

《考工记》是我国第一部工艺技术规范专著，因此在标准化管理方面取得的成就更为巨大，几乎涉及全书的各部分内容。它规定了严格的技术分工，统一产品的部件名称，制定产品和建筑设计的标准与规格，从选材、用料到生产程序的各个环节都有严格的制度。产品出来后，又规定了相应的检验方法和标准。如在制造车辆中，光车轮的质量检查就有6种方法。又如，在“庐人”节中为了检验兵器的质量，规定了3种科学的测试方法，即通过分别固定一端、两端、中点，进行摇动振荡，查看兵器的结实程度。如今材料力学实验中，测试棒状体的机械性能，也基本上是用这3种方式。从一定意义上说，《考工记》是世界上最早的一部质量管理、标准化管理的专著。

《考工记》在中国历史上曾有过长久而巨大的影响。历代宫廷器具的制作，以及都城的修建，往往都要以《考工记》的记载为参照。元、明、清三代对《考工记》的研究

更多，甚至细致到对某一篇目或某一工种的讨论和考订。进入现代，对《考工记》的研究达到了崭新的阶段，涉及的学科也更广泛。特别是考古文物的大量出土，与《考工记》的记载配合研究，因而有了更高的认识水平。

二 《天工开物》

明末宋应星所著的《天工开物》是中国古代有代表性的科技经典著作，被誉为“工艺百科全书”。宋应星（1587—？）字长庚，江西奉新人。29岁时，宋应星考中举人，以后他曾多次赴京参加进士考试，但都落第而归。多次进京的长途旅行，使宋应星开阔了眼界，增长了社会见闻，对当时政治的腐朽黑暗有了进一步的认识，也促使他下决心放弃科举途径，转而钻研生产实践中的学问。宋应星47岁时出任江西分宜县教谕（县学的教官），后来又担任过福建汀州（今长汀县）的推官、毫（bó）州（今安徽阜阳地区）知府。在分宜任教谕的时候，宋应星把长期积累的生产技术知识加以总结整理，编写了《天工开物》。

《天工开物》全书3卷，又分18章，各章的内容是：（1）乃粒，农作物的生产；（2）乃服，纺织技术；（3）彰施，染色技术；（4）粹精，谷物的加工；（5）作咸，制盐；（6）甘嗜，制糖；（7）陶埏（shān），砖瓦的烧制和陶器、瓷器的制

作；(8) 冶铸，铸造技术；(9) 舟车，车船的制造和运输方法；(10) 锤锻，金属锻造技术；(11) 燔 (fán) 石，采煤和烧矿技术；(12) 膏液，榨油；(13) 杀青，造纸；(14) 五金，各种金属的开采冶炼技术；(15) 佳兵，武器制造；(16) 丹青，颜料和墨的生产；(17) 曲蘖 (niè)，酿酒技术；(18) 珠玉，珠宝玉石的采集和加工。《天工开物》几乎包括了当时社

会上的各个生产领域。书中各章的先后顺序安排，是根据“贵五谷而贱金玉”的原则作出的。把与人民衣食有关的农副业放在全书之首，其次是手工业，而把珠玉放在最后，体现了宋应星重农重工、轻视金玉的思想。全书详细介绍了各种农作物和手工业原料的种类、产地、生



宋应星塑像

产技术和工艺，以及一些生产管理的经验，尤其注重收集当时最新技术项目。书中既有大量确切的数据，又有 120 多幅描绘生动的插图，具有重要的科学价值。

明朝时，农作物的品种和产量都比以往有显著增加，广大农民在选育和推广良种、精耕细作、水利灌溉、土壤

改良和防治病虫害等方面积累了丰富的经验。《天工开物》对这些经验进行了系统的总结。宋应星考察了当时各种作物种植情况和在大众食物比例中的变化，指出“今天下育民人者，稻居十七”。说明当时稻已成为重要的农作物。因此，《天工开物》对水稻的栽培和耕作技术的记载尤为详细，其中有许多以前农书从没提到的新技术。如谈到用浸种法育秧时说，秧苗生长 30 天就要拔起来分栽，否则就会减产。又说 1 亩秧苗可以供移栽 25 亩。这个 1:25 的关系，是个具有指导意义的重要数据，在江西近代还是如此。书中还提到对于带“冷浆”的田地，也就是排水不良、土温较低的酸性土壤，可以用动物骨灰蘸稻根，或用石灰洒在秧苗根部，而向阳的田地则不可用这种方法。撒石灰便于中和土壤酸性，促使土壤团粒结构的形成，而用骨灰蘸苗根，则是施用磷肥的有效措施。《天工开物》记载了用砒石（砒霜）拌种和蘸根，以防病虫鼠害的方法，并且介绍说明代湖南衡阳工场中一处就年产砒石达万斤。用砒石作为农药，是中国农业技术中的一大发明，《天工开物》首次将这一技术记录下来。

生物因周围环境变化而引起变异，是生物进化论的一个重要议题。我国古代很早就观察到这一现象，并加以运用。《天工开物》提到有些水稻因为干旱缺水而变得具有抗旱性，通过人工选育，可以得到变异的旱稻种，即使在高山缺水的条件下也可种植。《天工开物》还有利用生物变异原理，改良蚕种的记载。如用“早雄”（一化性蚕的雄蛾）

和“晚雌”（二化性蚕的雌蛾）杂交，^① 育出良种；或用“黄雄”（黄茧蚕的雄蛾）和“白雌”（白茧蚕的雌蛾）杂交，得到下一代褐茧蚕。这种人工杂交育种的技术是我国古代生物学的一项重要成就。书中还提到在蚕种留种前要用石灰水或盐卤水进行“蚕浴”，再经风雨雷电雪，淘汰弱质，留下的便是强健的蚕种。这是应用人工选择的又一个例子。达尔文在《动物和植物在家养下的变异》中就把中国古代养蚕技术措施作为人工选择和人工变异的例证之一。

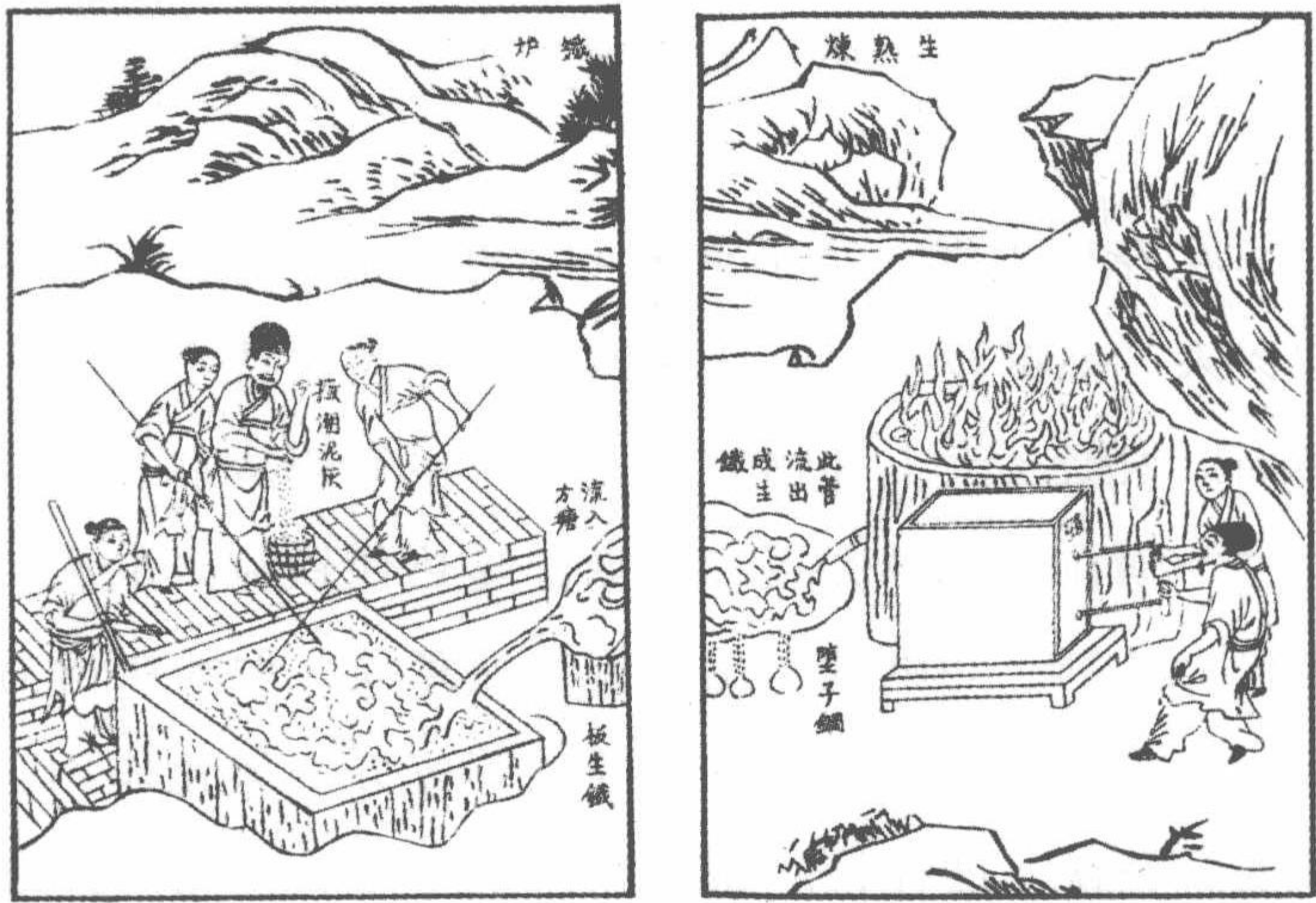
在古代，金属制品是提高社会生产力的重要杠杆，所以，冶金和金属加工是古代重要的工业部门。宋应星在《天工开物》中用“冶铸”、“锤锻”、“五金”等3卷专门记述这方面的内容，补充了我国古代一项重要的技术文献空白。

早在春秋中期，我国就发明了生铁冶铸技术，战国、秦汉以来，炼钢技术也有很高水平，明代在技术上又有不少革新。根据《天工开物》的记载，生铁炼成后，如要再造熟铁，则在冶铁炉旁设一方塘，趁热使铁流入塘内，加入泥粉为溶剂，并由数人用柳棍快速猛搅。泥粉中含有硅酸盐和氧化铁，能加速生铁中的碳等成分的氧化作用，使生铁变成熟铁。这种将冶铁炉和炒铁塘串联使用的连续作

^① 化性，昆虫在一年内发生代数多少的特性。一年内发生一代的为—化性，发生两代的为二化性。

业方法，省掉了炒铁时再熔化过程，减少了时间，降低了成本，提高了生产效率。冶铁时使用的鼓风装置，则是当时世界上最先进的活塞式风箱，可以连续鼓风。

灌钢是炼钢方法中的一项重要技术，是把生铁和熟铁一起放入炉中加热，利用生铁含碳高，熟铁含碳低的特点，合炼成一种优质钢。我国自南北朝时期就已广泛使用这种方法。北宋沈括《梦溪笔谈》中对它的操作过程有过记叙。《天工开物》记载的灌钢法与宋代比，优点是生铁放在熟铁上，而不是陷于熟铁中间；熟铁作成薄片状，而不是条状；这样熔化后可以向下淋渗，增加了接触反应的机会。明代的炼钢炉结构也更合理，操作更简便。灌钢法是古代世界制钢术中的一项杰出创造，在古代欧洲是没有的。



《天工开物》中的炼铁图

中国是世界上最早制成含锌合金并提炼出金属锌的国

家。金属锌过去称为“水锡”、“白锡”、“倭铅”。宋元时已能炼出较纯的锌，明清时还向外国出口。关于锌的提炼技术，以《天工开物》的记载最早、最详细。书中还有一幅最早的用炉甘石提炼锌的生产过程图。《天工开物》指出了锌在高温下易挥发为气体的性质，并研究了按不同比例配比炼制铜锌合金（黄铜）的工艺，同样是冶金史的可贵记载。

我国在世界上最早使用煤。汉代冶铁遗址中就发掘出了煤块。到了明代，煤的使用已经非常普遍，采煤技术也达到了很高水平。《天工开物》第一次系统记述了煤的采矿过程。书中介绍了用粗竹管把矿井中有毒的瓦斯气体引出地面的方法，还介绍了设置“支板”（巷道支护）防止塌井事故，解决了井下采煤的两个重要的安全问题，在当时是非常先进、合理的。《天工开物》中将煤按物理性状和用途分为明煤（大块、易燃、耐烧）、碎煤、末煤三类，在当时是较为先进的分类。

宋应星在记述生产过程和生产设备时，都尽量给出详细的数据，如单位面积产量、油料作物的出油率、秧田的移栽比、各种合金的配合比例等。对实验数据的重视，使《天工开物》在科学性方面占有突出地位。

宋应星在他的著作中不仅广泛地总结和记录了我国的生产经验和工艺技术，而且注意从一些现象中发现本质，在自然科学理论上也取得了一些成就。如在讨论生物性状的变异中，他认为是环境影响的结果，指出“土脉历时代

而异，种性随水土而分”。就是说土壤的各种因素在不同的时间是变化的，而具有不同遗传性的植物能够适应土壤环境的变化。这种见解为人工培育新品种提供了理论依据。又如，他在用水银和硫磺制造朱砂的工艺中，指出水银 1 斤（16 两）可得朱砂十七两五钱，那多出的部分是“借硫质而生”。这不仅表明他已经认识到朱砂是汞和硫的化合物，而且有了“质量守恒”思想的萌芽。

《天工开物》内容丰富新颖，是我国古代人民生产知识和工艺技巧的全面总结。该书问世后，曾屡次被明清学者所引用，许多内容被收入官修的《古今图书集成》、《授时通考》等大型图书中。然而由于书中有反清思想，因此没有收入《四库全书》。此后，该书逐渐湮没无闻了。到 20 世纪 20 年代，丁文江等自然科学工作者注意到《天工开物》的重要性，但已难于找到原本，只好以从日本传回的刻本为底本刊印。丁文江认为《天工开物》“要算国故中最值得赞许的一部科学典籍”，并率先对宋应星及《天工开物》进行了研究。从此，自 18 世纪以来，不被广泛注意的明代学者宋应星和他的《开工开物》，引起了国内学者的注意。1949 年后，《天工开物》的研究受到极大重视，发表了许多专著和论文。1952 年，北京图书馆从宁波李氏墨海楼捐献的藏书中得到了《天工开物》的初刻本，为最完善的古本，中华书局于 1959 年影印出版。《天工开物》在国外也产生了广泛的影响。该书在 17 世纪后流入日本，成为各界广为重视的优秀读物，刺激了“开物”之学的兴起。日

本明和八年（1771）出版了《天工开物》的菅（jiān）生堂本，这是该书最早在国外刊刻的版本。18 至 19 世纪，《天工开物》传入朝鲜，又成为朝鲜实学派学者参引的著作。19 世纪《天工开物》的许多内容被介绍到欧洲后，更引起了西方学者的重视。法国学者儒莲称该书为“技术百科全书”，达尔文将它称为“权威著作”。

第九章 科技综合

众所周知，在上古时代，自然科学和技术是和宗教、神学紧密结合在一起的，没有自己独立的位置。那时，管理文书事务的“史”和负责宗教事务的“巫”、“祝”、“卜”是知识的占有者，当然也包括科技知识。例如，商代甲骨文本是商贵族占卜留下的记录，但我们却可以从了解到当时科学技术的水平。当人们逐渐摆脱宗教神学束缚，开始重新认识自然界和人本身的时候，尽管科学技术知识在这一转变的过程中起着重要的推动作用，但它仍没有自己独立的位置。在西方，科学和技术是自然哲学的一部分，而在我国，由于更重视社会伦理、统治思想的研究，因此，科学技术多见于相关的理论学说中。这一点在中国古代有深远的影响。其表现是：即使在科学技术专著出现以后，我国的科技知识仍大量保存于经、史、哲及其他文献中。例如，我国古代关于技术的著作很少，像四大发明这样对世界的发展有重大影响的技术成就，其最早记载都是在其他历史文献中。在我国古代的文化典籍中，有许多著作，科学技术内容占很大比重，而且往往不分学科掺杂在一起。这些著作也应算在科技著作之列。另外，还有一些著作的内容和理论对科技发展产生了巨大的影响，我们也应有所了解。

《诗经》和《尚书》是我国最早的文献之一，里面就有

许多科技内容。《诗经》是我国最早的诗歌总集，收有西周至春秋时的民歌和一些商、周庙堂的乐章。其中许多诗篇有农业知识、动植物名称、天文现象、地学知识的记载和描述。如“既溥既长，既景乃冈，相其阴阳，观其流泉”（《大雅·公刘》），指的是选择阳光充足、水利条件好的土地进行耕种；“五月斯螽动股，六月莎鸡振羽……”（《豳风·七月》）描述的是物候；“十月之交，朔日辛卯，日有食之”（《小雅·十月之交》）是世界最早的日食记录等。这些内容反映了当时社会各个层面的科技知识水平。《尚书》是上古史书的汇编，其中地理专篇《禹贡》前面已作介绍，另外在《洛诰》中记载周公在洛邑选建城址并绘有地图，是我国传世文献中记载最早的地图；《尧典》中还有观测四仲星的记载。特别是《洪范》中最早提出了五行思想，对我国古代的科学技术发展产生了极大的影响。

春秋战国时期，社会变革，诸子兴起，文化荟萃。在诸子著作中，有大量的科技内容。如《荀子》中提出了对动植物资源合理保护和利用的思想；《庄子》中讨论了宇宙起源、时间有限无限、物种可变和生物链等问题，并对盖天说提出了质疑；《尸子》中定义宇宙为“上下四方曰宇，往古来今曰宙”，并有了地球自转的思想萌芽。《管子》在科技方面取得的成就更大，其中提出了“水者，万物之本原”的思想，还提出了“精气”化生万物的思想，并在《地员》篇中对植物生态和土壤进行了深入的研究。诸子百家中，尤以墨家在科技领域的研究最深入，取得的成就最

高。《墨经》是墨家子弟的理论经典，其中自然科学知识论述严密、立论准确，在数学、光学、力学等方面提出了一些基本概念和原理，是一部优秀的科技著作。除了诸子著作外，当时的其他文献中也有很多科技内容。《易传》是对《易经》最古的注解，在《系辞》篇中提出了“太极”化生世界万物的学说，指出万物都处在日新月异的变化中，并将变化概括为阴阳两种事物的对立统一关系；该篇中还 对古人的发明创造作了总结，提出了“观象制器”的科学观，即观察自然现象，进行模拟创造。《易传》的科学思想对后世科技发展影响极为巨大。《周礼》是儒家的经典，汇集了自西周至战国的政治制度，其中有一套完整系统的科技管理制度，包括官员的设置、职责、下级人员数量以及有关的政策法规。此后历代相关的制度和政策都是在此基础上发展起来的。另外，在这部书中，记载了天文历法、气象、地理、农学、医学、生物、食品、冶金、纺织等方面的科技知识，如“眡（shì）侵（jìn）掌十辉（yùn）之法”，十辉所描绘的现象大部分是太阳周围的云气或日晕。《吕氏春秋》是吕不韦召集门客编著的诸家学说集成，除了前面谈到的4篇农学论文外，突出的地方是它以十二纪为首，叙述每月的物候和应当操作的事宜，是后世月令的前身。战国末年，还出现了一部我国最早的训诂著作——《尔雅》，其中释虫、释鱼、释鸟、释兽、释畜5篇反映了先秦时代的动物分类系统，很接近现代动物学的分类；释草和释木下面又分细类，且相似的植物排在一起，其分类

思想已有很高水平；释地、释山、释丘、释水 4 篇反映的地形分类知识也很丰富。以后历代不少人对《尔雅》进行注释，推动了古代科技知识，尤其是博物学的发展。

秦汉迄至隋唐，我国古代科学技术不断丰富、发展，综合性的科技文献也体现了这一特点。《淮南子》是西汉淮南王刘安及其门客所编，在《天文训》中作者借用前人气、阴阳、五行学说，描绘了一个宇宙创生的完整过程，《精神训》中也有类似的描写，可称是中国古代最有系统的宇宙创生理论；《天文训》中记载了悬土炭观测湿度的方法和月亮每日运行平均度数，是秦汉科技发展的新成果。《太玄经》是汉代杨雄仿《周易》之作，在当时历法和天文学的基础上构造了一个包罗万象的宇宙系统，该书创造性地发展了《周易》的符号系统，即将《周易》的阴（--）、阳（—）二元系统发展为奇（—）、偶（--）、和（---）三元系统，其排列方式从数学观点看是三进制数列。东汉王充的《论衡》是科学史上的一部重要著作，在书中，他以科学知识为武器批判“天人感应”说和谶纬迷信，指出云雨产生的自然机制，猜测雷电是由阴阳之气相激而成，分析了潮汐与月亮盈亏的关系等。书中涉及的科学知识包括天文、物理、生物、医学、冶金等领域，反映了当时科学发展的新水平。西晋崔豹的《古今注》是考释古今名物的早期著作，记载了关于车辆、服饰、城市、音乐、鸟、兽、鱼虫、草木等方面的许多科技知识，如指南车、记鼓里车、阳燧（凹面镜）的制作材料等都是此书首次记录。汉魏六

朝时笔记小说式著作兴起，对科技发明和创造以及科技知识的记载都具有重要意义。如晋代葛洪的《西京杂记》，记载了巧匠丁缓等人发明“常满灯”、“被中香炉”的经过，书中对汉代宫殿和上林苑名果异木的记载是研究建筑史和植物学史的重要史料；唐代段成式的《酉阳杂俎》记载了大量药物和名医佚事，以及珍禽异兽、草木虫鱼的知识，其中如乌贼放墨避敌、螺蛤共生等动物行为的细致观察，是生物学史的重要史料。唐代开始，编纂类书的活动风行，许多科技知识和文献被收入相关的类别中，起到了保存科技文献的作用，唐徐坚等人编的《初学记》是较好的类书，其中几乎涉及了各个学科的科技内容，如在“天部”下收录了大量关于漏刻的古代文献，其中就有张衡《浑天仪图注》的二级漏刻部分，又如唐初李泰的《括地志》是一部500多卷的地理书，原书早已不存，其《序略》就保存在《初学记》中等。唐代以后，历代几乎都有类书出现，大型的就有宋代的《太平御览》、清代的《古今图书集成》，我们现在研究科学史，往往都要到这些类书中去寻找珍贵资料。

宋元时期是我国科技发展的高峰时期，在综合性科技文献中也有反映，具体表现是科技内容增多，且具有研究性质。《物类相感志》、《格物粗谈》可以说是博物学著作，它们的共同特点是汇集了大量日常生活中的经验知识编成，也大都以人事、天时、地理、草、木、花、虫、衣服、药品等进行分类，特别是一些工艺技术在这类书中得到记

载。这一时期笔记体著作科技内容更多，如苏轼的《东坡志林》中关于科技的条目约占 1/5，涉及医药、地理、农业、水利、酿酒、饮食卫生、星占、炼丹服饵等，其中关于四川卓筒井的开凿方法和产盐过程是最早、最详细的记载。在笔记体著作中，沈括的《梦溪笔谈》是一部伟大的科技著作，全书共 600 余条，其中有近 200 条是关于科学技术内容的，涉及的学科也十分广泛，一些成就在当时世界上是处于领先地位的。宋代在科学思想上也有所发展，其中朱熹在《朱子语类》中提出的“格物致知”，继承了传统儒家博学多闻的优良传统。这一思想在明代发展成亲身实践取得真知的科学观，对科学技术的发展有深远影响。

明中叶以后，随着资本主义萌芽，部分知识分子开始转向务实的学问。明末黄道周在《榕坛问业》中对朱熹的“格物穷理”又有发展，他的“格物”具有明显的科学研究倾向。受这种“格致”思想影响的典型例子是明代曹昭的《新增格古要论》，该书主要是记述珍宝古玩、金石碑刻、漆器、奇木、异石等，属博古之士的著作，但他在自序中强调他是在实物的基础上，核实文献资料而写成，其中记载的金银检测方法是具有总结性的文献。在这一时期的科学发展中，方以智是一个重要人物。方以智是我国早期启蒙思想家之一，他在《通雅》和《物理小识》中，一方面把我国古代的科学知识作了一次综合的记录，一方面又吸收了当时西方的一些科学知识。由于他是一位科学家，又是一位哲学家，因此书中贯穿着唯物主义哲学和自然科学

思想，取得了很高的成就。

入清以后，西方科学知识的传播日益广泛，许多综合性的科学著作吸收了西方科技知识，并且多集中于中西科学的对比研究，传统科学的研究日益衰落。

一 《墨经》

《墨经》是先秦墨家的科学、逻辑学和哲学著作。墨家是春秋战国时代产生的诸子百家中的一个重要学派，它和儒家一起被称为“显学”。墨家的创始人是墨翟（dí），相传他原是宋国人，后来长期住在鲁国。他是我国古代著名的思想家和政治家，也是一位卓有贡献的自然科学家。墨家学派著作的总汇《墨子》，是墨家弟子对墨翟言行的追述。《墨子》原书71篇，现存53篇，其中的《经上》、《经下》、《经说上》、《经说下》4篇构成《墨经》。也有人认为《墨经》还要包括《大取》、《小取》两篇。

《墨经》是《墨子》一书的主要组成部分，据说当时墨家弟子人人诵读，成为墨家学派的理论经典。该书内容丰富，结构严谨，涉及到认识论、逻辑学、经济学、自然科学等各个领域。全书约180条，其中与自然科学有关的约50条左右。



墨子画像

其体例是：《经》是定义性条文，《说》为释《经》之文。《说》文每条第一个字或第一、二两字是标牒（dié）字，它与同条《经》文的第一字或二、三两字相同，用以牒经标题，以易检索。

《墨经》中之所以有许多自然科学的条目，与墨家学者的社会地位和思想方法有着密切的关系。首先，墨家的社会主张是“兼爱”、“非攻”、“节用”、“节葬”，代表了手工业小生产者的利益。墨子本人作过工匠，他的弟子也大多是社会下层的能工巧匠，因此很自然地会在平日的劳动实践中积累和总结自然科学知识。其次，墨家十分重视自然科学知识在社会生产和社会生活中的应用，认为科学知识是实现自己主张和为大众造福的重要武器，也就是“利于民谓之巧，不利于民谓之拙”。第三，墨家掌握了比较正确的认识论和方法论。他们把知识的来源分成“闻知”、“说知”和“亲知”，认为在实践中得来的“亲知”是最可靠的。同时，他们还重视对实践中得到的感性认识进行抽象的比较和综合，形成理性认识。而在这一点上，墨家丰富的逻辑学知识又为解决问题提供了极为重要的工具。

《墨经》在物理学和数学方面的成就最为突出。

对人类繁衍生息于其中的自然界的探讨，是先秦诸子百家学术争鸣的一个重要侧面。在这个方面，墨家独树一帜，建立了自然观和宇宙论。在墨家看来，自然界是一个统一的整体，个体和局部都是整体中分出来的，是统一体的一个组成部分。部分不是孤立存在的，而是与整体有着

紧密的必然联系。这一观点在《墨经》对时间和空间的精彩论述中得到运用。《墨经》中说：“久，弥异时也”，“宇，弥异所也”。“久”是时间，“宇”是空间，“弥”意为充满、覆盖、包含。时间包含古往今来，是悠久无极的；空间则不论从任何地方看，上下四方，都是广漠无垠的。这是《墨经》给时间和空间下的定义，已包含了时空无限的思想。然而，时间的概念是从事物的变化过程中的先后次序体现的，空间的概念是从物体的运动过程中有位置移动而形成的，所以“异时”、“异所”实际上是一个有限的时间和空间。《墨经》用一个“弥”字表示了时间和空间的各部分由于密切联系而构成的整体概念。随后，《墨经》中又用“有穷”和“无穷”具体论述了时间和空间的有限和无限的关系。《墨经》中还认为时间和空间是密切相关的，并把它们和物体的运动联系起来加以说明。它认为，物体的移动，必然经过一定的时间和空间；穿越一定的空间，必然需要一定的时间；物体随时处在特定的位置；空间位置的变迁与时间流逝紧密结合在一起。在 2000 多年前，墨家学派能有这种关于时空机制的科学思想，确实令人惊叹。

现代物理学告诉我们，自然界的各种变化过程中，物质既不能被消灭，也不能创生，其总量是恒定的，这叫物质守恒原理。在《墨经》中已有了这种观念。它指出，已经存在的，不可能被消灭，某物体失去了一部分，对这个物体来说是“损”，但整个物体的总量并没有减少。差不多同时期的《管子》一书中也说到：“天地莫之能损”，意思

是宇宙万物的总量一丝一毫都不能被消灭。这说明我国古代很早就有了物质不灭的思想了。

《墨经》的力学知识是先秦著作中最丰富、最集中的。对于物体的运动，该书中给出了严格的定义，“动，或（域）徙也”。就是说运动是物体位置发生了移动，从一个地方到了另一个地方。这和现在机械运动的定义是一致的。《墨经》认为静止是物体在某一时间限上处于空间的同一位置。书中还进一步讨论了运动和静止的辩证关系，认为像射箭那样，在极短的时间前进了很大距离，这种运动是十分明显的；而像人过桥那样，一步一顿，每一步都有短时间的静止，但就过桥的整个过程来说，静止只是暂时的、相对的，通过每一步的相对静止，完成了整个过桥的运动。这种把静止放到运动中去研究的思想方法是十分深刻的。

《墨经》中关于力的定义是从人的体力概念引出的。《墨经》把人体叫作“刑”，也就是“形”，把人体通过举、持、掷、击等方式使运动转移变化的过程叫作“奋”。这样，它定义“力”是“刑之所以奋也”。这是说，“力”是人使运动发生转移和变化的原因。在解释这一定义时，书中明确指出“力”和“重”是相当的，举起重物就是一种“奋”的表现。16世纪以前，欧洲的学者认为“力”是维持物体运动的原因，比较而言，《墨经》中对“力”的认识则要先进得多。

杠杆的利用和衡器的使用，在春秋战国是很普遍的。《墨经》从科学的角度分析了杠杆平衡的原理，指出杠杆的

平衡不仅取决于加在两端的重量，而且和“本”（重臂）、“标”（力臂）的长短有关，已经有了力矩的概念。墨家学者比阿基米德更早知道了距离和平衡是有关系的，可惜的是它没有给出明确的数量关系。

《墨经》中已朴素地认识到了浮力原理。它说，形体大的物体，在水中沉下的部分很浅，这是因为物体重量和水的浮力平衡的道理。另外，书中对于滑轮、斜面等简单机械，以及拉力、引力等，都进行了讨论。

《墨经》中还记载了丰富的几何光学知识。墨家学者做了世界上最早的小孔成像实验，解释了光的直线传播。在一间黑暗的小屋朝阳的墙上开一个小孔，人对着小孔站在屋外，屋里相对的墙上就出现了一个倒立的人影。为什么会出现这奇怪的现象呢？墨家解释说，光穿过小孔如射箭一样，是直线进行的，人的头部遮住了上面的光，成影在下面，人的脚部遮住了下面的光，成影在上面，就成了倒立的影。这是对光直线传播的第一次科学解释。利用光的这一特性，《墨经》还解释了运动的物体和影子之间的关系。书中说，运动中的物体的影子是不动的，为什么影子看起来在动呢？那是因为旧影消失，新影产生，连续不断地更替着，并且变动着位置。

《墨经》对平面镜、凹面镜和凸面镜都进行了研究。例如在讨论凹面镜成像的不同情况时指出，当物体放在球心之内，得到的是正立的像，距离球心近的像小，距离球心远的像大；当物体处于球心以外时，得到的是倒立的像，

距离球心近的像大，远的像小；当物体在球心处，像和物重合。《墨经》中以球心来区分物体和成像的关系，没有说明凹面镜球心到焦点之间的成像情况，这是它的不足之处。但在光学知识的初始阶段，墨家的这些科学实验是有着重要意义的。

在数学方面，《墨经》中提出了一系列几何学概念的定义。如，“圜（huán，即圆），一中同长也。”这与近代数学中圆的定义“对中心一点等距离的点的轨迹”十分相符。又如，“直，相参也”，指的是三点共一线的直线定义；“平，同高也”，指相同高低就是平，等等。《墨经》中还提出了“端”、“尺”、“区”、“穴”的概念，大致相当于近代几何的点、线、面、体。《墨经》中的这些数学内容，说明在春秋战国时理论几何学已在我国开始萌芽。

《墨经》是当时生产实践和墨家特有的科学实验与理论思维相结合的产物，是我国科技史上非常宝贵的财富。但是，令人惋惜的是，墨家的科学传统没有能够延续下来，被历史湮没了。直到清代邹伯奇等人发现其中的科学内容时，它才日益受到人们的重视。

二 《梦溪笔谈》

北宋沈括所著的《梦溪笔谈》是一部笔记体综合性的学术著作。沈括（1031—1095）字存中，钱塘（今浙江杭

州)人。他自幼喜欢学习,善于思考,14岁就读遍了家里的藏书。沈括曾在京师昭文馆编校图书,又做过集贤院校理,职务的便利,使他有机会读到许多皇家藏书,充实了自己的学识。他多才多艺,修水利、管财政、打仗、写诗、考古、搞科学研究,各方面都取得了显著的成就。王安石变法失败后,积极推行新法的沈括屡次被降职。58岁时,他定居润州(今江苏镇江)的梦溪园,一直到去世。沈括晚年在梦溪园认真总结自己一生的经历和科学活动,潜心著述。《梦溪笔谈》就是 he 在这段时间写成的。

《梦溪笔谈》全书共30卷,含《笔谈》(正编)26卷,《补笔谈》3卷,《续笔谈》1卷。分17门:故事、辨正、乐律、象数、人事、官政、机智、艺文、书画、技艺、器用、神奇、异事、谬误、讥谑、杂志、药议,共609条。其中自然科学和技术内容约200条,内容涉及数学、物理、化学、天文、地理、生物、农学、医学和工



沈括塑像

艺技术,既有对以往和当时科技成就的记录,也有沈括自己的研究成果。

沈括对劳动人民的实践经验和创造发明给予了高度评价,认为科学技术不可能都出自“圣人”。他在《梦溪笔

谈》中记录了不少民间的科技人物和成就。如世界上第一个发明活字印刷术的“布衣”毕昇，平民历算家卫朴，巧合龙门的水工高超，手艺精湛的木工喻皓和他的《木经》等。这些都是官修史书上从来看不到的资料。

沈括曾主持过司天监的工作，对天文历法有很深的造诣。他十分重视天文观测手段的改进，写过《浑仪议》、《浮漏议》、《景表议》3篇论文，详细说明了改革仪器的原理和他的天文见解，是我国天文学史的重要文献。《梦溪笔谈》中对这一活动作了记载，可以和《宋史·天文志》的记录对比研究。在《梦溪笔谈》中，沈括对五星运行的轨迹和陨石坠落的情景都作过翔实的描述，这是他认真观测的结果。他还第一次提出冬至日一天的长度要比夏至日一天的长度短的观点，在天文学史上有重要意义。在书中，沈括针对传统的阴阳合历在历日安排上的缺欠，主张使用与农业生产关系密切的十二气历。这一历法类似现今的太阳历，简便又科学。其后800余年，英国气象局就使用过与十二气历十分相似的肖伯纳历，用于农业气候的统计。

沈括在数学上也有精深的研究，《梦溪笔谈》记录了他的隙积术和会圆术两项重要成果。沈括通过对垒起的酒坛和棋子等有空隙的堆积体的研究，提出了求它们总数的正确方法。这就是“隙积术”，也就是高阶等差级数求和的一种方法。这项成果实开南宋杨辉、元代朱世杰等人有关研究的先河。“会圆术”是一个已知弓形的圆径和矢高求弧长的问题。沈括推导出了求弓形弧长的近似公式。元代王恂、

郭守敬等人《授时历》中的“弧矢割圆术”就利用了这一公式。

沈括在物理学上的成就是多方面的。《梦溪笔谈》记载，他曾对指南针的4种装置方法（放在水中、碗沿、指甲上和用线悬挂）进行了研究并比较它们的优劣，认为悬挂法最灵敏、准确。他还发现，磁针“常微偏东，不全南也”。这是世界上关于地磁偏角的最早记录。西方在公元1492年哥伦布第一次航行美洲的时候才发现了地磁偏角，比沈括晚了400年。

凹面镜，古代称“阳燧”，在日光中可以取火。沈括在做凹面镜取火实验中，发现了它的焦点。在凹面镜的成像实验中，他称焦点为“此”或“碍”，并说明物体的焦点之内时，得到正像，在焦点上不成像，而在焦点之外时得到的是倒像。《梦溪笔谈》记载的这一成果，比《墨经》的研究又前进了一步。

声学中的共振现象，我国在战国时就已发现。《梦溪笔谈》中记述了沈括所做的共振实验。剪一个纸人放在琴弦上，弹动发生共振的弦，纸人就会跳跃颤动，而弹动别的弦，纸人却不动。这个实验要比欧洲人所做的同样实验早好几个世纪。直到17世纪，牛津的诺布尔和皮戈特才用“纸游码”（相当于纸人一类的东西）实验进行共振研究。

《梦溪笔谈》中还记载了沈括在地学方面的许多卓越论断。当他察访浙江东部的时候，考察了雁荡山诸峰峭拔险怪、崖高谷深的地貌特点，明确指出这是水流侵蚀作用的

结果。他又联系到西北高原深沟巨壑中的土峰，说明了它们的成因是一样的。书中，沈括根据太行山山崖间有许多螺蚌壳和卵形砾石呈带状分布的现象，推断这一带是远古时的海滨，这里的陆地是黄河等北方大河所携带的大量泥沙沉积而形成的。正确科学地说明了华北平原的形成过程。

沈括还根据对化石的观察，推断了古代气候的变迁。《梦溪笔谈》记载，延州（今陕西延安一带）黄河堤岸塌陷，从土下露出一片石笋。^① 沈括将它与在别的地区发现的桃核、芦根、鱼、蟹等化石加以比较，认为别的地方的化石种类是当地就有的动植物，而这里的气候并不适合竹子的生长。因此，他判断此地远古时期必定“地卑气湿”，适宜竹子生长。根据化石正确推断古气候变迁，欧洲直到 1763 年才有人提出类似的见解。

《梦溪笔谈》还记载了沈括在西北地区对石油矿产进行的考察和研究。沈括亲自收集石油，并制成了石油的烟墨。用石油制墨，是沈括在利用石油上的首创。他还指出，地下的石油资源是十分丰富的，并预料“此物后必大行于



《梦溪笔谈》

^① 据研究，沈括所说的石笋是一亿多年前一种称为新芦木的厥类植物化石。这种植物生长在地势低洼的潮湿环境。

世”。另外，“石油”一词也是沈括首先使用的，比以前文献中的“石漆”、“石脂水”、“火油”、“石脑油”等，更简单贴切，并沿用至今。

在《梦溪笔谈》中，沈括对地图的测绘进行了深入的研究。他删去了裴秀制图六体（见地理章）中的“道里”，而增加了“傍验”和“互融”，也就是强调地图绘制后的校验和拼合地图的准确性。他还把原来地图的四面八方加以改进，更细分成24个方向，使地图的精度有了进一步提高。后来，人们所用的罗盘上都标示24个方向。沈括还曾经把北方靠近辽国地区的地形制成“木图”——地形模型图。这种立体地图的出现要比西欧早700余年。

沈括的《梦溪笔谈》是宋代科技资料的宝库，是中国科技史上的杰作，也是世界科技史上的一份珍贵遗产，被誉为“中国科学史的坐标”。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 中国古代著名科学典籍

作者 = 屈宝坤著

页数 = 2 0 8

S S 号 = 1 2 5 2 3 0 2 3

出版日期 = 2 0 0 9 . 1 1

封面	
版权	
目录	
第一章	辉煌的历史 科学的宝藏——中国古代科技著作概述
第二章	天文
	一 宇宙理论——《周髀算经》
	二 天文观测与天象记录——《开元占经》
	三 天文仪器——《新仪象法要》
	四 历法——《授时历》
第三章	数学
	一 《九章算术》及《九章算术注》
	二 《数书九章》
	三 《四元玉鉴》
第四章	农学
	一 《齐民要术》
	二 《王祯农书》
	三 《农政全书》
第五章	中医学
	一 《黄帝内经》
	二 《伤寒杂病论》
	三 《本草纲目》
第六章	炼丹术——《周易参同契》
第七章	地理学
	一 《禹贡》
	二 《水经注》
	三 《徐霞客游记》
第八章	工艺技术
	一 《考工记》
	二 《天工开物》
第九章	科技综合
	一 《墨经》
	二 《梦溪笔谈》